



# **Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

**Facultad de Farmacia y Bioquímica**

**Escuela Profesional de Toxicología**

## **“Evaluación del impacto antrópico, sobre la calidad de las aguas del río Lurín, a partir de indicadores físico-químicos, microbiológicos y macroinvertebrados”**

### **TESIS**

**Para optar el Título Profesional de Toxicólogo**

### **AUTOR**

**Daniel Jesús ARANA SANTOS**

### **ASESORES**

**Dr. Ricardo Ángel YULI POSADAS**

**Dr. Alberto Enrique GARCÍA RIVERO**

**Lima, Perú**

**2019**



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Arana, D. Evaluación del impacto antrópico, sobre la calidad de las aguas del río Lurín, a partir de indicadores físico-químicos, microbiológicos y macroinvertebrados [Tesis]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Escuela Profesional de Toxicología; 2019.

---

## HOJA DE METADATOS COMPLEMENTARIOS

INFORMACIÓN GENERAL	
Título del Proyecto	“EVALUACIÓN DEL IMPACTO ANTRÓPICO, SOBRE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RÍO LURÍN, A PARTIR DE INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS, MICROBIOLÓGICOS Y MACROINVERTEBRADOS”
Área de investigación (*)	Ciencias Bioquímicas
Ubicación geográfica donde se desarrolla la investigación (incluir localidades y/o coordenadas geográficas)	Cuenca media y baja del Río Lurín, Provincia Huarochirí y Provincia Lima
Institución que financia si corresponde	Ninguna
Año o rango de años que abarcó	2017 - 2019
DATOS DEL TESISISTA	
Apellidos y Nombres	Daniel Jesús Arana Santos
Número de matrícula	10040041
DNI	72624878
Indicar si es egresado o si aún está cursando estudios, de ser así especificar el año de estudios	Egresado
Código ORCID (opcional)	no
DATOS DEL ASESOR	
Apellidos y nombres	Ricardo Ángel Yuli Posadas
Código docente: OA4527	Categoría: Principal Clase: TC 40 horas
Máximo grado alcanzado	Doctor
Código ORCID (obligatorio)	0000-0002-3545-3443
Título profesional	Ingeniero Químico
Departamento Académico al que pertenece	Farmacología, Toxicología y Bromatología
Instituto de Investigación al que pertenece	
Grupo de investigación al que pertenece indicar si es coordinador, miembro o adherente del grupo de investigación	
DATOS DEL ASESOR	
Apellidos y nombres	Alberto Enrique García Rivero
Código docente: -----	Categoría: Principal Clase: TC 40 horas
Máximo grado alcanzado	Doctor en Ciencias Geofísicas – Doctor en Ingeniería
Código ORCID (obligatorio)	0000-0002-8344-9529
Título profesional	Licenciado en Geografía y Medio Ambiente
Departamento Académico al que pertenece	Ciencias Geográficas-FCSS-UNMSM
Instituto de Investigación al que pertenece	
Grupo de investigación al que pertenece indicar si es coordinador, miembro o adherente del grupo de investigación	

(\*) Según documentos oficiales de la Facultad





**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**  
Universidad del Perú. Decana de América  
**Facultad de Farmacia y Bioquímica**  
**Decanato**



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

Los Miembros del Jurado Examinador y Calificador de la Tesis titulada:

**"Evaluación del impacto antrópico, sobre la calidad de las aguas del río Lurín, a partir de indicadores físico-químicos, microbiológicos y macroinvertebrados"**

Que presenta el Bachiller en Toxicología:


**DANIEL JESUS ARANA SANTOS**

Que reunidos en la fecha se llevó a cabo la **SUSTENTACIÓN** de la **TESIS**, y después de las respuestas satisfactorias a las preguntas y objeciones formuladas por el Jurado, y practicada la votación han obtenido la siguiente calificación:

*DIECISEIS (16) MUY BUENO*

en conformidad con el Art. 34.º del Reglamento para la obtención del Grado Académico de Bachiller en Toxicología y Título Profesional de Toxicólogo (a) de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Lima, 22 de octubre de 2019

  
Dr. Mesías Moisés García Ortiz  
Presidente

  
Dr. Jorge Leonardo Jave Nakayo  
Miembro

  
Mg. Manuel Alberto Torres Roca  
Miembro

  
Mg. Jesús Víctor Lizano Gutiérrez  
Miembro



## DEDICATORIA

A mis padres Jaime Jacinto Arana  
Camacho y Gladys Frida Santos Arana  
y familia en general por el apoyo  
brindado durante toda mi carrera.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis asesores Dr. Ricardo Ángel Yuli Posadas y el Dr. Alberto Enrique García Rivero, por su constante asesoramiento en la planificación, desarrollo, ejecución y culminación del presente trabajo.

Al Lic. César Poma Pando, Gerente General de Servicios Analíticos Generales S.A.C. por el apoyo brindado para la realización del presente trabajo.

A mis amigos por el apoyo y comprensión durante la realización del presente trabajo.

## **ABREVIATURAS**

<b>Al</b>	: Aluminio.
<b>ANA</b>	: Autoridad Nacional del Agua.
<b>APHA</b>	: American Public Health Association.
<b>As</b>	: Arsénico.
<b>AWWA</b>	: American Water Works Association.
<b>BMWP</b>	: Biological Monitoring Working Party.
<b>Cd</b>	: Cadmio.
<b>CE</b>	: Conductividad Eléctrica.
<b>CF</b>	: Coliformes Fecales.
<b>DBO5</b>	: Demanda Bioquímica de Oxígeno.
<b>DIGESA</b>	: Dirección General de Salud Ambiental.
<b>DQO</b>	: Demanda Química de Oxígeno.
<b>ECA</b>	: Estándar de Calidad Ambiental.
<b>EPA</b>	: Environmental Protection Agency (U.S.A.).
<b>Fe</b>	: Hierro.
<b>ICA_sp</b>	: Índice de Calidad Ambiental para aguas superficiales.
<b>INACAL</b>	: Instituto Nacional de Calidad.
<b>INEI</b>	: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
<b>ISO</b>	: International Standard Organization.
<b>M.O.</b>	: Microorganismo.
<b>MINAM</b>	: Ministerio del Ambiente.
<b>msnm</b>	: Metros sobre el nivel del mar.

<b>MT</b>	: Metales.
<b>NMP</b>	: Números Más Probables.
<b>NSF</b>	: National Sanitation Foundation
<b>OD</b>	: Oxígeno Disuelto.
<b>OMS</b>	: Organización Mundial de la Salud.
<b>OPS</b>	: Organización Panamericana de la Salud.
<b>PAHO</b>	: Pan American Health Organization.
<b>pH</b>	: Potencial de Hidrógeno.
<b>PUCP</b>	: Pontificia Universidad Católica del Perú.
<b>SAG PERÚ</b>	: Servicios Analíticos Generales S.A.C.
<b>SEDAPAL</b>	: Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima.
<b>SENAMHI</b>	: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.
<b>SM</b>	: Standard Method.
<b>SMEWW</b>	: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater.
<b>T°</b>	: Temperatura.
<b>UNMSM</b>	: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
<b>WEF</b>	: The World Economic Forum.

## ÍNDICE GENERAL

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1	Objetivo general.....	2
1.2	Objetivos específicos.....	2
1.3	Hipótesis.....	2
<b>2.</b>	<b>GENERALIDADES.....</b>	<b>3</b>
2.1	Antecedentes.....	3
2.2	Marco teórico.....	4
	Río Lurín.....	4
	Índices de calidad .....	9
	Índices biológicos .....	18
	Glosario.....	21
<b>3.</b>	<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>25</b>
3.1	Selección de las estaciones de muestreo .....	25
3.2	Toma de muestras.....	25
3.3	Metodología experimental.....	25
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>29</b>
<b>5.</b>	<b>DISCUSIONES DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>42</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>45</b>
<b>7.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>46</b>
<b>8.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>47</b>
<b>9.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>55</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relación de subcuencas y sus lagunas aportantes del río Lurín.	5
Tabla 2. Ventajas y limitaciones de los ICAs	10
Tabla 3. Indicadores presentes en el ICA_sp	11
Tabla 4. Clasificación de las aguas según el ICA_sp	12
Tabla 5. Clasificación de las aguas según el índice BMWP/nPe-mod.	19
Tabla 6. Clasificación de las aguas según el Índice ASPT.	20
Tabla 7. Códigos, descripciones y coordenadas de los puntos de muestreo	24
Tabla 8. Resultados de las mediciones <i>in situ</i> .	30
Tabla 9. Resultados de las determinaciones de laboratorio.	32
Tabla 10. Relación de las familias de macrobentos y su puntuación.	34
Tabla 11. Resultados de los análisis hidrobiológicos (macrobentos). Familias identificadas por puntos de muestreo.	37
Tabla 12. Principales familias de macrobentos identificadas en el muestreo.	38
Tabla 13. Resultados del índice BMWP/nPe-mod.	39
Tabla 14. Resultados del índice ASPT.	39
Tabla 15. Resultados del índice ICA_sp.	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la cuenca del río Lurín.	6
Figura 2. Autoridades municipales de la Cuenca del río Lurín.	7
Figura 3. Uso agropecuario de la cuenca del río Lurín.	8
Figura 4. ICA_sp frente a pH (unidades).	13
Figura 5. ICA_sp frente a CE (uS/cm).	14
Figura 6. ICA_sp frente a ODSAT (% de saturación).	15
Figura 7. ICA_sp frente a DQO (mg/L).	16
Figura 8. ICA_sp frente a CF (NMP/100 mL o UFC/100 mL).	17
Figura 9. Vista del cauce del río Lurín con los seis puntos de muestreo	26
Figura 10. Mediciones <i>in situ</i> .	27
A: Equipo Multiparámetro usado durante las mediciones de campo.	
B: Medición del parámetro OD en el mismo cuerpo de agua.	
Figura 11. Medición del caudal en el río Lurín.	28
Figura 12. Recolección de macrobentos con la red Surber.	29
Figura 13. Comportamiento del pH (unidades) con respecto al ECA del agua en Perú.	31
Figura 14. Comportamiento de la CE (Us/CM) con respecto al ECA del agua en Perú.	31
Figura 15. Comportamiento del OD (mg/L) con respecto al ECA del agua en Perú	32
Figura 16. Comportamiento de los CF (NMP/100MI) con respecto al ECA del agua en Perú.	33
Figura 17. Comportamiento de los índices ICA_sp, BMWP/nPe-Mod. y ASPT a lo largo de los seis puntos monitoreados.	41
Figura 18. Índices ICA_sp, BMWP/nPe-Mod, ASPT, pueblos cercanos y posibles fuentes de contaminación identificadas por la ANA	42



## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS AL MICROSCOPIO

Foto 1. <i>Acari</i> (Adulto).....	62
Foto 2. <i>Atrichopogon sp.</i> (Larva).....	62
Foto 3. <i>Oligochaeta</i> (Juvenil).....	62
Foto 4. <i>Tricoythodes sp.</i> (Ninfa).....	63
Foto 5. <i>Microcylloepus sp.</i> (Adulto).....	63
Foto 6. <i>Baetidae</i> (Ninfa).....	63
Foto 7. <i>Atopsyche sp.</i> (Larva).....	64
Foto 8. <i>Baetodes sp.</i> (Ninfa).....	64
Foto 9. <i>Ceratopogonidae</i> (Larva).....	64
Foto 10. <i>Chironomidae</i> (Larva).....	65
Foto 11. <i>Chironomidae</i> (Pupa).....	65
Foto 12. <i>Empididae</i> (Larva).....	65
Foto 13. <i>Heterelmis sp.</i> (Larva).....	66
Foto 14. <i>Hydrptila sp.</i> (Larva).....	66
Foto 15. <i>Hydroptilidae</i> (Pupa).....	66
Foto 16. <i>Microcylloepus sp.</i> (Larva).....	67
Foto 17. <i>Orthoclaniiiae</i> (Larva).....	67
Foto 18. <i>Larsia sp.</i> (Larva).....	67
Foto 19. <i>Simulium sp.</i> (Larva).....	68
Foto 20. <i>Smicridea sp.</i> (Larva).....	68
Foto 21. <i>Simuliidae</i> (Pupa).....	68
Foto 22. <i>Physa sp.</i> (Juvenil).....	69
Foto 23. <i>Thraulodes sp.</i> (Ninfa).....	69

## RESUMEN

Se realizó un muestreo de las aguas del río Lurín, considerado el menos contaminado de los tres ríos que cruzan por Lima Metropolitana, a partir del cual se calculó el Índice de Calidad Ambiental para aguas superficiales (ICA\_sp) que involucra parámetros físico-químicos, microbiológicos en combinación con el Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) modificado y el Average Score Per Taxa (ASPT) que hacen uso de los macrobentos. Los puntos de muestreo fueron seis, durante el mes de noviembre del año 2017 en época de estiaje; se evaluó de esta manera la cuenca media y parte de la baja del río Lurín. Con la aplicación del Índice ICA\_sp se obtuvo que los puntos P2 y P3 tienen aguas de “excelente calidad”, el punto P5 de “aceptable calidad”, los puntos P1 y P4 “medianamente contaminadas”, el P6 “altamente contaminada”; mientras que con la aplicación del Índice BMWP/nPe-mod se obtuvo que el punto P1 tienen “aguas con signos de estrés”, los puntos P2, P3 y P5 son “aguas contaminadas” y los puntos P4 y P6 son “aguas muy contaminadas” y con la aplicación del índice ASPT se obtuvo como resultado que todos los seis puntos presentan aguas con “probable contaminación moderada” . El uso combinado de los tres índices muestra una buena coincidencia y un alto grado de complementariedad.

Palabras Clave: Ecotoxicología; Índices de Calidad Ambiental (ICA\_sp); Macrobentos; BMWP/ASPT; Río Lurín

## **ABSTRACT**

A monitoring was done in the Rivers Lurin's waters, it is considerate the least polluted of the three rivers that crosses the Lima Metropolitan, from which It was calculated the Environmental Quality Index for superficial water (ICA\_sp), that involves physicochemical, microbiological parameters and with the combination of the Biological Monitoring Working Party Index (BMWP) modified and the Average Score Per Taxa (ASPT) that uses macrobenthos. The monitoring points was six, during the month of November of 2017 and dry season; its was evaluated the medium and the low basin of River Lurin. With the application of the Index ICA\_sp its resulted the points P2 and P3 have an "excellent quality water", the point P5 has a "acceptable quality water", the points P1 and P4 have a "moderately polluted water", the point P6 has a "high polluted water", meanwhile with the application of Index BWMP/nPe-mod its resulted that the point P1 has "water with signs of stress", the points P2, P3 and P5 have "polluted water" and the points P4 and P6 have "very polluted water" and with the application of ASPT its resulted that all the points present "probable moderate contamination". The use of the three index combined showed a good coincidence and a high grade of complementarian.

Keywords: Ecotoxicology; Environmental Quality Index (ICA\_sp); Macrobenthos; BMWP/ASPT; Lurin River.

## **1. INTRODUCCIÓN.**

La contaminación de los ríos es un tema que cada vez toma más importancia no solo desde una parte ambiental, sino también desde una parte económica al ser necesario más procesos de tratamiento del agua para ser considerada potable [1].

El río Lurín atraviesa las provincias de Huarochirí y Lima; sirve como fuente de agua para el cultivo, crianza de animales, entre otras actividades, hasta llegar a su desembocadura en el mar, es el río menos contaminado de los que atraviesan la ciudad de Lima y es considerado un buen lugar para hacer estudios científicos [2] y [3]. A lo largo de su recorrido se encuentran diferentes fuentes de contaminación como las aguas residuales, que no necesariamente son tratadas, así como otros contaminantes de origen antrópico, provenientes de la agricultura, ganadería, trabajos de artesanía o actividades extractivas en su cuenca alta [4]. El aumento de los valores de los parámetros puede llegar a ser perjudicial, a la hora de destinar las aguas a la agricultura, ganadería, actividades recreacionales, pudiendo afectar a la salud de las personas.

Existen diferentes maneras de evaluar la contaminación que sufren los ríos, como los análisis de laboratorio, que evalúan los diferentes parámetros en forma específica, fórmulas aplicativas que dan una visión más integral con respecto a un grupo de parámetros y a través de indicadores, que por su ausencia o presencia nos muestra la perturbación que el ecosistema acuático presenta.

Se propone el uso del Índice de Calidad de las Aguas Superficiales (ICA\_sp), [5] índice integrador, que a partir de varios parámetros, permite evaluar la calidad de las aguas del ecosistema acuático, así como el estudio de macrobentos, a través

de los índices biológicos BMWP [6] y ASPT [7], que complementa la información sobre el tipo y estado de la contaminación que puede estar prevaleciendo, por grado de sensibilidad y/o tolerancia a ciertas sustancias contaminantes y parámetros físicos, químicos y biológicos.

El muestreo de seis puntos se realizó en el mes de noviembre del 2017, abarcando la cuenca media y parte de la cuenca baja del río Lurín.

### 1.1 Objetivo General.

Evaluar el impacto antrópico sobre la calidad de las aguas del río Lurín en los sectores medio y bajo de su cuenca, a partir de indicadores físico-químicos, microbiológicos y macroinvertebrados.

### 1.2 Objetivos Específicos.

1.2.1 Evaluar el impacto antrópico, en la composición fisicoquímica de las aguas.

1.2.2 Evaluar el impacto antrópico, en la composición microbiológica de las aguas.

1.2.3 Evaluar el impacto antrópico, en la composición y abundancia de los macroinvertebrados fluviales.

1.2.4 Establecer una clasificación integral de la calidad de las aguas del río Lurín, en sus cuencas media y baja.

### 1.3 Hipótesis.

La caracterización físico-química, microbiológica y de los macroinvertebrados del río Lurín, permitirá evaluar el impacto antrópico sobre la calidad de sus aguas.

## **2. GENERALIDADES.**

### **2.1 Antecedentes.**

Estudios realizados por parte de SEPADAL, DIGESA y el ANA en los ríos Rímac, Chillón y Lurín desde el año 2002 al 2013, como parte del Programa Nacional de Vigilancia de Recursos Hídricos mostraron una creciente contaminación en los primeros años, que fue disminuyendo hacia el final de ese periodo [8].

Bedregal *et al.*, 2010 utilizó el ICA propuesto por el Ministerio de Ambiente Británico y así mismo adoptada por Ministerio del Ambiente Canadiense, donde concluye que es una herramienta útil, aplicable a un gran número de datos [9]. El ANA en el año 2013 presenta la propuesta Metodología para la Determinación del Índice de Calidad de Agua de los Recursos Hídricos Superficiales en el Perú (ICA-PE) que tiene como objetivo representar el estado de la calidad del agua superficial de forma resumida y comprensible [10].

En los estudios presentados por Innacone *et al.*, 2013 [11] y Vélez-Azañero, A. *et al.*, 2016 [12], se muestran que los macrobentos (macroinvertebrados) son sensibles a las variaciones de los parámetros tales como pH, la temperatura y la existencia de gran cantidad de familias que pueden ser usadas como bioindicadores de contaminación acuática. Estos estudios se reafirman con el trabajo presentado por Custodio y Chanamé 2016 donde evaluaron la biodiversidad de los macroinvertebrados en base a las descargas aguas residuales [13]. La toxicidad es un factor que aumenta la población de organismos tolerantes, lo cual afecta en la competencia y la depredación, adicionalmente la salinidad es otro factor que en ciertos grados es considerado un factor de toxicidad [14].

En un estudio de macroinvertebrados realizado en aguas del río Rímac por Paredes, 2005, donde se aplicó el índice BMWP, obtuvo como resultado que en todos los puntos de monitoreo por debajo de la Atarjea, la calidad de las aguas es “crítica o muy contaminadas” [15].

Flores *et al.*, en el 2017 hace uso del índice BMWP y lo desarrolla como una herramienta de vigilancia ambiental para la evaluación del río San Pablo en Cajamarca, concluyendo que la metodología es aplicativa y válida para la vigilancia ambiental [16].

Un trabajo realizado en Irán por Yazdian H. *et al.*, en el 2014, encontró relaciones significativas entre los parámetros físico-químicos y los bioindicadores, destacando esto como una herramienta para el análisis de la biodiversidad de los ríos [17]. Otro estudio similar en el río Alcántara en Italia realizado por Minutoli R. *et al.*, en el 2013 demostró que la cuantificación de bioindicadores sirven para la determinación de la salud ecológica del río, al ser muy útiles, tanto sus parámetros bióticos, como por sus componentes físicos [18].

Asimismo, acorde a la “Propuesta para la implementación de indicadores biológicos en la evaluación de la calidad del agua” del ANA, propone el uso de indicadores como el ABI y el BMWP/Co que hacen el uso de los macroinvertebrados [19].

En Latinoamérica los más usados son el BMWP (Biological Monitoring Working Party) o Índice de Monitoreo Biológico, desarrollado por primera vez en Inglaterra y en base al cual se ha ido modificando para las diferentes regiones del planeta, otro índice biológico mayormente usado es el ABI (Andean Biological Index) o Índice

Biológico de los Andes, que se usa principalmente para curso de agua, ubicado en alturas entre los 2000 msnm hasta los 4000 msnm; ambos se basan en los taxas, hasta una clasificación a nivel de familias. Mientras más específico sea el nivel de identificación, más fácil será la asignación de valores para la evaluación de aguas a través de macroinvertebrados, sin embargo, en regiones tropicales no se puede lograr una clasificación hasta el nivel de especies, por la gran diversidad de especies que se pueden encontrar [20] y [21].

## 2.2 Marco Teórico.

### 2.2.1 Río Lurín

La cuenca del río Lurín nace en las alturas de la región Lima, a 5313 msnm, a partir del deshielo del nevado Suroccocha y los nevados Chanape y Otoshmicunán que se encuentran a 5000 msnm, los cuales confluyen en Quilquicacha (San Damián, Huarochirí), conocido con el nombre de río Chalilla, cambia su nombre al unirse con la quebrada Taquía, y recibe el aporte de unas 20 lagunas que fueron inventariadas (Tabla 1 y Figura 1 ) entre las diferentes subcuencas que aportan al río Lurín y otras 10 por inventariar. Esta cuenca forma parte de la vertiente del Océano Pacífico, y tiene un recorrido aproximado de 107 km, hasta llegar a desembocar en Mamacona (Lurín), cercano a las ruinas preincas de la cultura Pachacámac [4] y [22].



Tabla 1. Relación de subcuencas y sus lagunas aportantes del río Lurín.

Subcuenca	N° de lagunas aportantes
Calilla	5
Canchahuara	2
Chamacha	2
Llacomayqui	1
Namincacn	4
Taquía	6

Fuente: ANA, Inventario Nacional de Glaciares y Lagunas. 2014 [23].

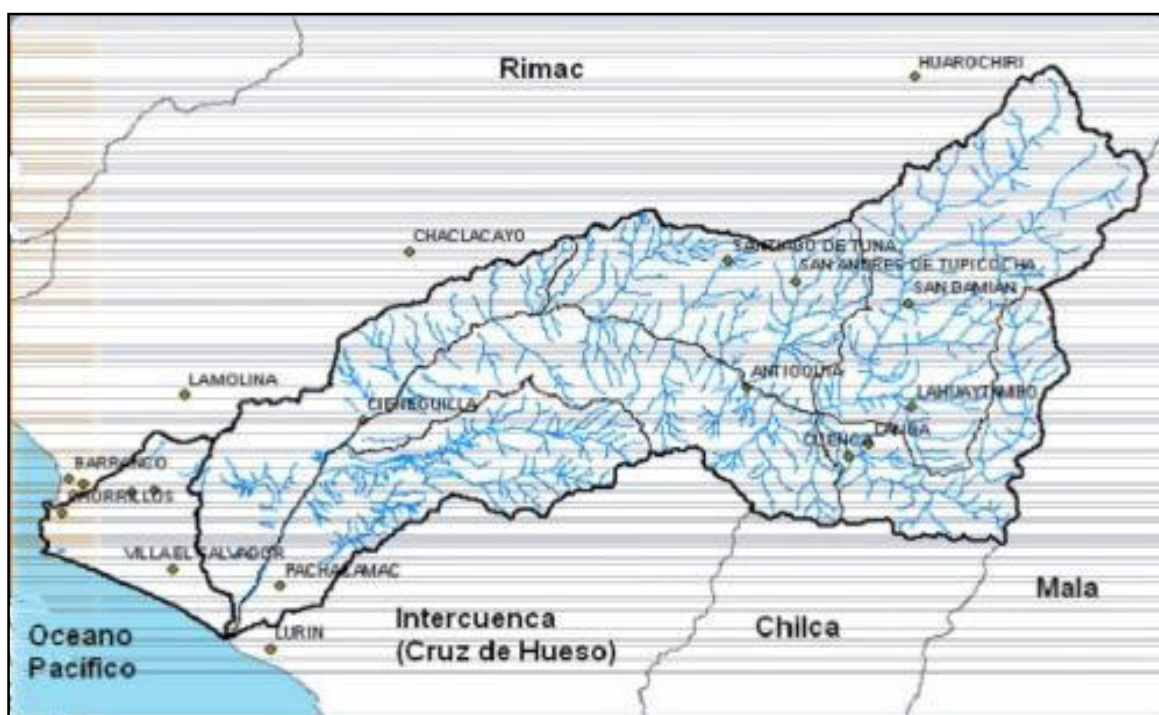


Figura 1. Ubicación de la cuenca del río Lurín.

Fuente: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Encuentro Científico Internacional de Verano (ECI) 2011 [24], modificada por el autor.

La cuenca del río Lurín se extiende a través de siete distritos (figura 2), cuatro de la provincia de Huarochirí (Antioquía, San José de los Chorrillos, Lahuaytambo y San Damián) y tres de la provincia de Lima (Lurín, Pachacámac y Cieneguilla). Dicha cuenca limita por el norte con el río Rímac, por el sur con el río Mala y por el oeste con el Océano Pacífico [22].



Figura 2. Autoridades municipales de la cuenca del río Lurín.  
Fuente: CENEPRED. Municipalidad Metropolitana de Lima. Junio 2013 [25].

Su población se dedica principalmente a la agricultura (a partir del sector de Manchay aumenta mucho más por los valles que se forman (figura 3), y en los últimos años se ha ido fomentando cada vez más el turismo [4] y [22].

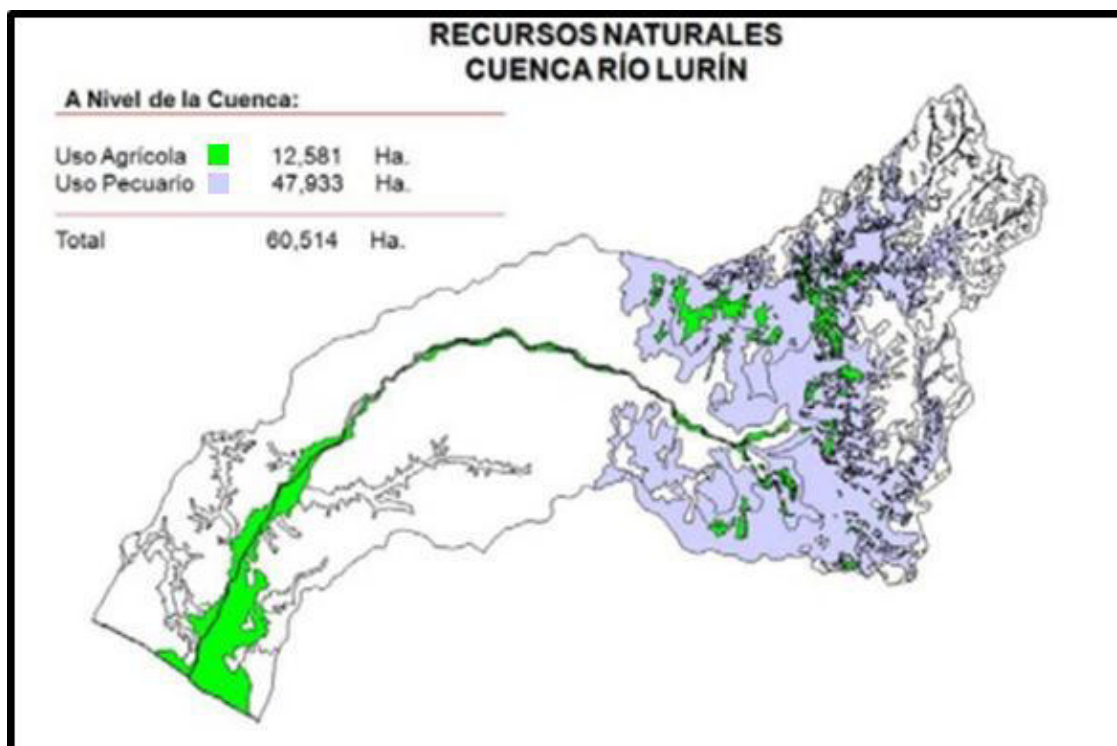


Figura 3. Uso agropecuario de la cuenca del río Lurín  
Fuente: Huamán D. Lizth F.; Allende C. Teófilo. [22].

Su cuenca es la más pequeña entre los tres principales ríos de Lima y sus aguas no son aprovechadas directamente como fuente para agua potable [4]. Según las altitudes, en la cuenca del río Lurín se identifican 4 tipos climáticos predominantes:

- 1) Muy seco y semicálido, en la Zona del Valle hasta los 2000 m.s.n.m.
- 2) Seco y templado, en la Zona de Sierra entre los 2000 y 3000 m.s.n.m.
- 3) Húmedo y frío, entre los 3000 y 4000 m.s.n.m.
- 4) Muy húmedo y frígido, en el Sector de la Cordillera Alta sobre 4000 m.s.n.m.

Cuenta con una temperatura promedio de 18.4 °C que abarca desde semicálido en la costa hasta los 0 °C en los nevados; la humedad relativa promedio en la costa es de 83 %, en la sierra baja de 63 % y en la sierra alta de 50 % [25].

### 2.2.2 Índices de Calidad.

Los índices de calidad de las aguas se pueden usar a nivel de datos físico-químicos (ICA\_sp) o a través de índices biológicos (BMWP, ABI, ASPT, etc.) que hacen uso de datos hidrobiológicos, los cuales son considerados bioindicadores [26].

Históricamente, los países involucrados en el control de sus recursos hídricos, han venido usando los índices físico-químicos para la valoración de la calidad de las aguas, ante una creciente industrialización, crecimiento poblacional y la actividad agrícola de producción de alimentos y biocombustible, ante la imperiosa necesidad de disminuir la contaminación de las masas de agua. Su empleo fue propuesto inicialmente a mediados de la década de los 60's, sin embargo, no fueron utilizados hasta los años 70, donde el ICA adquiere relevancia; así fue como la Fundación de Saneamiento Nacional de los Estados Unidos (NSF) desarrolló un ICA (Water Quality Index, WQI por sus siglas en inglés) a partir de la metodología Delphi y es actualmente uno de los más usados [26].

Al paso de las décadas, se fueron desarrollando diferentes métodos para el cálculo de los ICA, y han sido adaptados a condiciones específicas de diferentes ecosistemas hídricos; como es el caso de México, Perú, Colombia y Brasil [26].

En términos simples un ICA es un número adimensional que expresa la calidad del recurso hídrico, mediante la integración de parámetros medidos y permite una rápida interpretación y reconocimiento de la tendencia en la calidad del cuerpo de agua a lo largo del espacio y el tiempo (20). A continuación, se presentan algunas ventajas y limitaciones de los ICAs (tabla 2).

Tabla 2. Ventajas y limitaciones de los ICAs

Ventajas	Limitaciones
Permite mostrar la variación espacial y temporal de la calidad del agua.	Proporciona un resumen de los datos.
Método simple, conciso y válido para expresar la importancia de los datos generados regularmente en laboratorio.	No proporcionan información completa sobre la calidad del agua.
Útiles en la evaluación de la calidad del agua para usos generales.	No pueden evaluar todos los riesgos presentes en el agua.
Permite a los usuarios una fácil interpretación de los datos.	Pueden ser subjetivos y sesgados en su formulación.
Pueden identificarse tendencias de la calidad del agua y áreas problemáticas.	No son de aplicación universal debido a las diferentes condiciones ambientales que presentan las cuencas de una región a otra.
Permite priorizar para evaluaciones de calidad del agua más detalladas.	Se basan en generalizaciones conceptuales que no son de aplicación universal.
Mejoran la comunicación con el público y aumentan su conciencia sobre las condiciones de calidad del agua.	Algunos científicos y estadísticos tienden a rechazar y criticar su metodología, lo que afecta la credibilidad de los ICAs como herramienta de gestión.
Ayudan en la definición de prioridades con fines de gestión.	

Fuente: Torres *et al.*, 2009. [27].

#### 2.2.2.1 Índice de Calidad Ambiental para aguas superficiales (ICA\_sp)

Entre los diferentes ICA que son reportados en la literatura internacional, está el ICA\_sp que fue propuesto por Gutiérrez y García en el año 1981, en este indicador, se toman en cuenta los siguientes criterios [28], [29]:

- Son de usos generales.
- A excepción del  $\text{NH}_4$ , todos los demás parámetros se localizan dentro de los más usados en los índices para aguas a nivel internacional (Bronw NFS, ISQA, British Columbia, Lomantange y Provencher, Índice de León).
- A excepción del índice de contaminación obvia, todos los demás parámetros se localizan dentro de los parámetros más usados en los índices.
- Tienen un 88 % de similitud a partir de la composición de sus variables.
- La obtención de los resultados es más explícita que otros índices.

Este índice de calidad para aguas superficiales (ICA\_sp) [5] surge como una modificación, donde se reducen los nueve parámetros iniciales a cinco parámetros y se calcula según la siguiente formula:

$$ICA_{sp} = \sum_{i=1 \text{ al } 5} W_i \times q_i$$

Donde:

i : indicador de calidad, del 1 al 5.

$W_i$  : peso relativo de cada indicador.

$q_i$  : valor en % obtenido de las funciones matemáticas de correlación.

El indicador y su respuesta a los impactos de la contaminación, así como los pesos relativos de cada indicador pueden verse en la tabla 3.

Tabla 3. Indicadores presentes en el ICA\_sp

N°	Indicador	Comentario	Peso relativo ( $W_i$ )	Unidad
1	pH	Acidez o alcalinidad	0.10	UpH
2	CE	Contenido de sales solubles o salinidad (conductividad eléctrica)	0.10	Us/cm
3	ODSAT/ OD	Estado del cuerpo de agua con respecto a su contenido de oxígeno disuelto (oxígeno disuelto)	0.30	% de saturación
4	DQO	Materia orgánica presente (Demanda química de oxígeno)	0.25	mg/L
5	CF	Densidad de bacterias fecales (Coliformes fecales)	0.25	NMP/100mL

Fuente: Gutiérrez y García (2014) [5]

A partir del comportamiento del valor de este índice, la calidad de las aguas se clasifica según se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Clasificación de las aguas según el ICA\_sp

Clase	Rango de valores del ICA_sp	Clasificación	Color
1	90,00 – 100	Excelente calidad	
2	80,00 – 89,99	Aceptable calidad	
3	70,00 – 79,99	Medianamente contaminada	
4	60,00 – 69,99	Contaminada	
5	Menor a 59,99	Altamente contaminada	

Fuente: Gutiérrez y García (2014) [5]

A continuación, se presenta las funciones de transformación para cada uno de los parámetros que intervienen en el cálculo del ICA\_sp.

#### 2.2.2.2.1 pH

En la figura 4, se presenta el comportamiento de ICA\_sp frente al pH. Hay dos funciones y una restricción. La función de pH entre 4-7, la función entre 8-10 y la restricción de pH 7-8. Las dos funciones poseen coeficiente de correlación al cuadrado,  $R^2$  de 100.00%.

Las ecuaciones son:

Para pH desde 4-7:  $(q_{pH}) = -250 + (50 \times pH)$

Para pH desde 8-10:  $(q_{pH}) = 500 - (50 \times pH)$

Restricciones: si el pH se encuentra entre 7-8 se obtiene el máximo de puntos ósea 100 puntos, si el pH es menor de 4.0 o mayor de 10.0 se obtiene cero puntos.

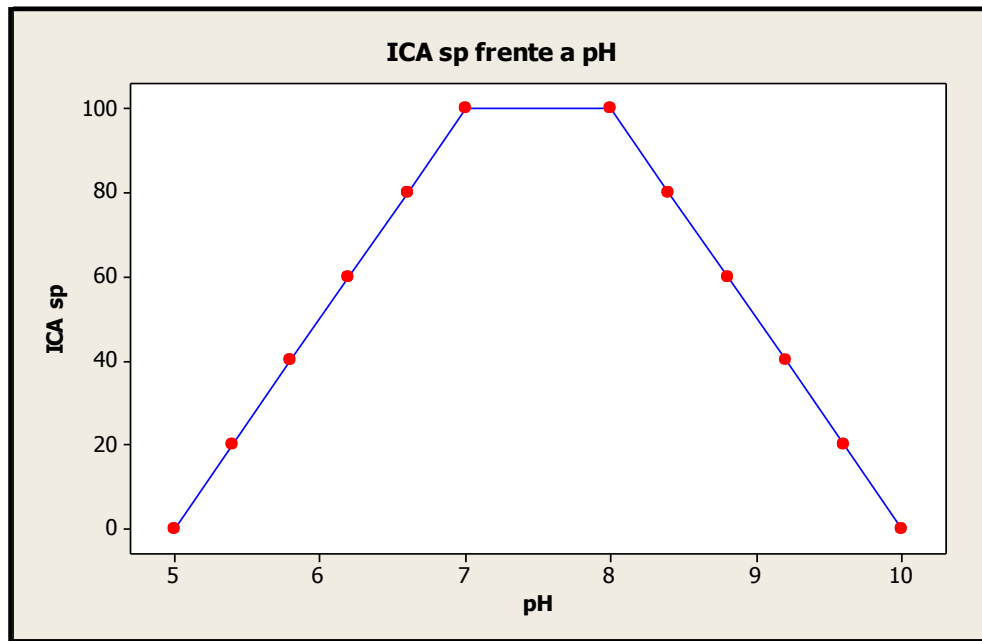


Figura 4. ICA\_sp frente a pH (unidades)

Fuente: García *et al.*, 1981 [29]

Es importante saber que los pH mayores de 8.5 se asocian a una fuerte actividad fotosintética producida por algas.

#### 2.2.2.2.2 Conductividad Eléctrica (CE).

En la figura 5, se puede ver el comportamiento de ICA\_sp frente a la CE. La función matemática obtenida, posee un coeficiente de correlación al cuadrado,  $R^2$  de 100%.

La ecuación es:  $(q_{CE}) = 150 - 0.10(CE)$

Restricciones: a valores de CE mayores de 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  se obtiene cero puntos.



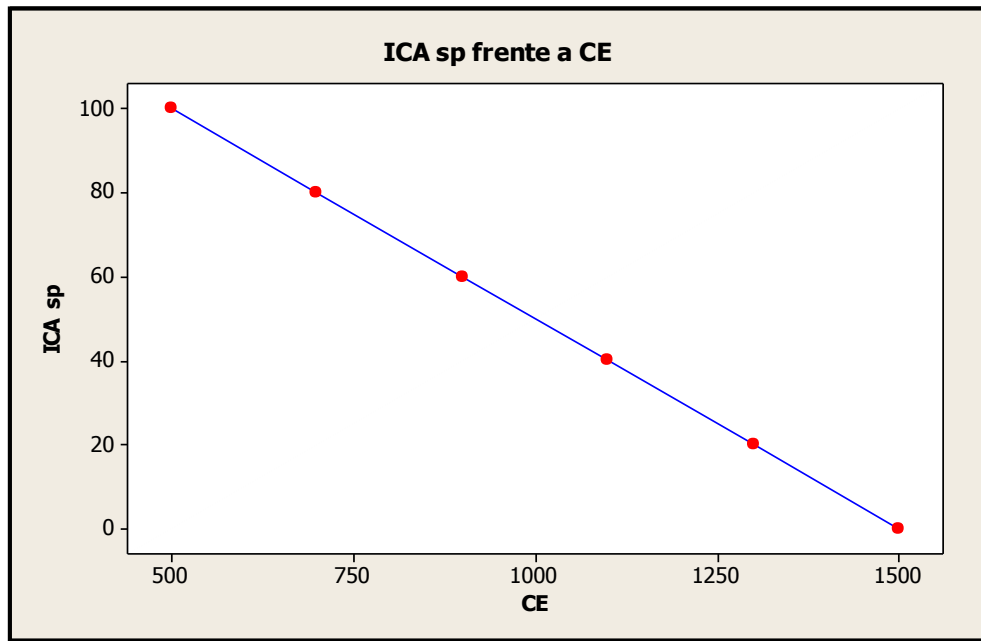


Figura 5. ICA\_sp frente a CE (uS/cm)

Fuente: García *et al.*, 1981 [29]

El ICA\_sp es consecuente en considerar la escala superior de CE en el valor de 1500 uS/cm; aguas con CE menores de 500 uS/cm obtienen el máximo de puntos, aguas con CE mayores de 1500 uS/cm obtienen un valor de cero.

#### 2.2.2.2.3 Oxígeno Disuelto (ODSAT)

En la figura 6, se puede apreciar el comportamiento de ICA\_sp frente al ODSAT.

Hay dos funciones y una restricción. La función de ODSAT entre 0-80, la función entre 100-140 y la restricción de ODSAT 80-100. Las dos funciones poseen coeficiente de correlación al cuadrado,  $R^2$  de 100.00%.

Las ecuaciones son:

Para ODSAT desde 0-80:  $(q_{pODSAT}) = 1.25 \times (ODSAT)$

Para ODSAT desde 100-140:  $(q_{ODSAT}) = 350 - (2.50 \times ODSAT)$

Restricciones: si ODSAT se encuentra entre 80-100 se obtiene el máximo de puntos ósea 100 puntos, a valores mayores de 140% se obtiene cero puntos.

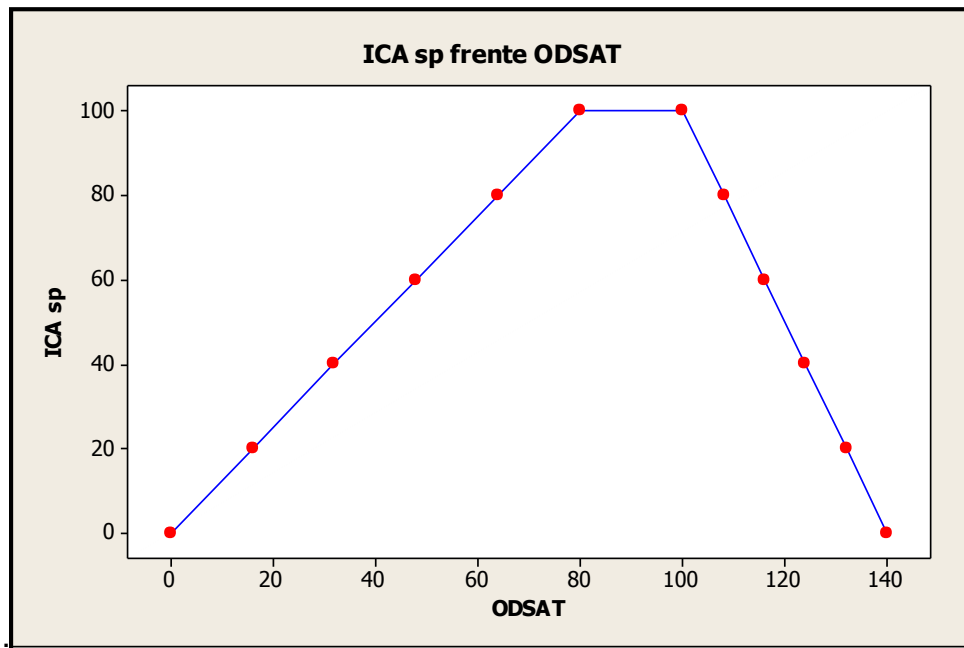


Figura 6. ICA\_sp frente a ODSAT (% de saturación)

Fuente: García *et al.*, 1981 [29]

El oxígeno se disuelve en el agua de acuerdo a la temperatura, presión y salinidad, es el más importante de los componentes en cualquier sistema acuático, es requerido para el metabolismo de los organismos aeróbicos, necesario para plantas acuáticas, peces y otras formas biológicas, interviene en numerosos procesos biogeoquímicos. Un alto valor cercano a su saturación se asocia a una buena calidad de agua. Valores superiores al 100% de saturación se asocian a activos procesos de fotosíntesis a través de las algas y plantas acuáticas.

Valores menores que el 50% de saturación suelen implicar el aumento de materia orgánica (DQO y DBO<sub>5</sub>), nutrientes y bacterias fecales, la presencia de aguas

turbias, con evidentes contenidos de sólidos flotantes y malos olores, este fenómeno se vincula con las descargas de aguas residuales.

#### 2.2.2.2.4 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DQO)

La DQO es una determinación química que estima indirectamente la presencia de materia orgánica, en la figura 7, se puede ver el comportamiento de ICA\_sp frente a la DQO. La función matemática obtenida posee un coeficiente de correlación al cuadrado,  $R^2$  de 100%.

La ecuación es:  $(q_{DQO}) = 120.0 - 1.66667(DQO)$

Restricciones: A valores menores de 12 mg/L se obtienen 100 puntos, a valores mayores de 78 mg/L se obtiene cero puntos.

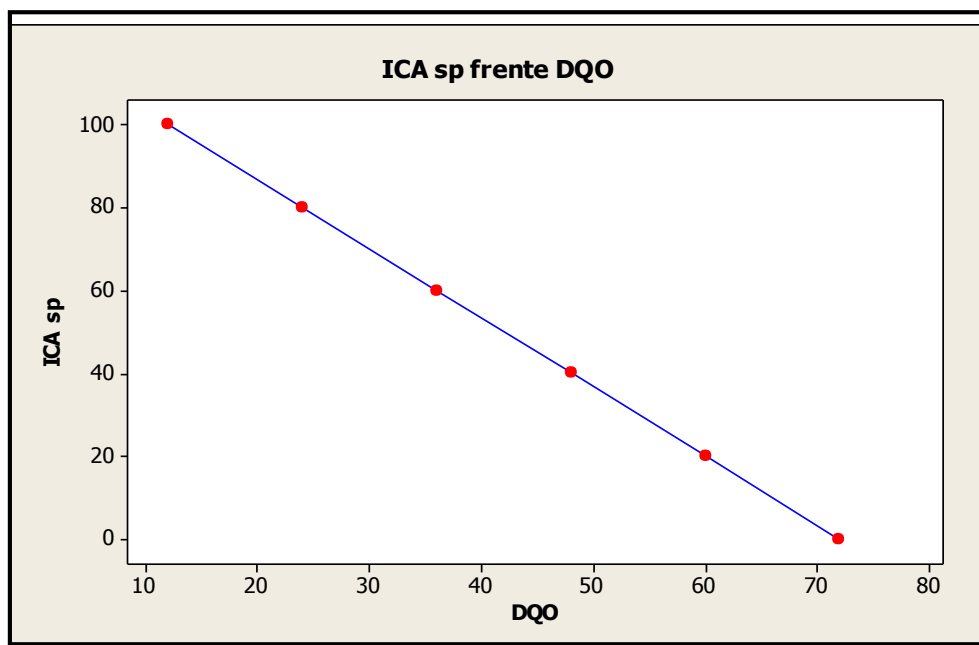


Figura 7. ICA\_sp frente a DQO (mg/L)  
Fuente: García *et al.*, 1981 [29]

#### 2.2.2.2.5 Coliformes Fecales (CF)

Un factor importante en la pérdida de la calidad de las aguas, son los derivados de los aportes de contaminación por las heces fecales de humanos o animales de sangre caliente en general, que puede ser identificada a partir de la determinación de los coliformes termotolerantes o fecales en agua [25].

En figura 8, se puede observar el comportamiento de ICA\_sp frente a los CF. La función matemática obtenida posee un coeficiente de correlación al cuadrado,  $R^2$  de 98.02%.

La ecuación es:  $(q_{CF}) = -7.59035 + 22786/(CF)$

Restricciones: A valores menores de 200 NMP/mL se obtienen 100 puntos, a valores mayores de 1600 NMP/mL se obtienen cero puntos.

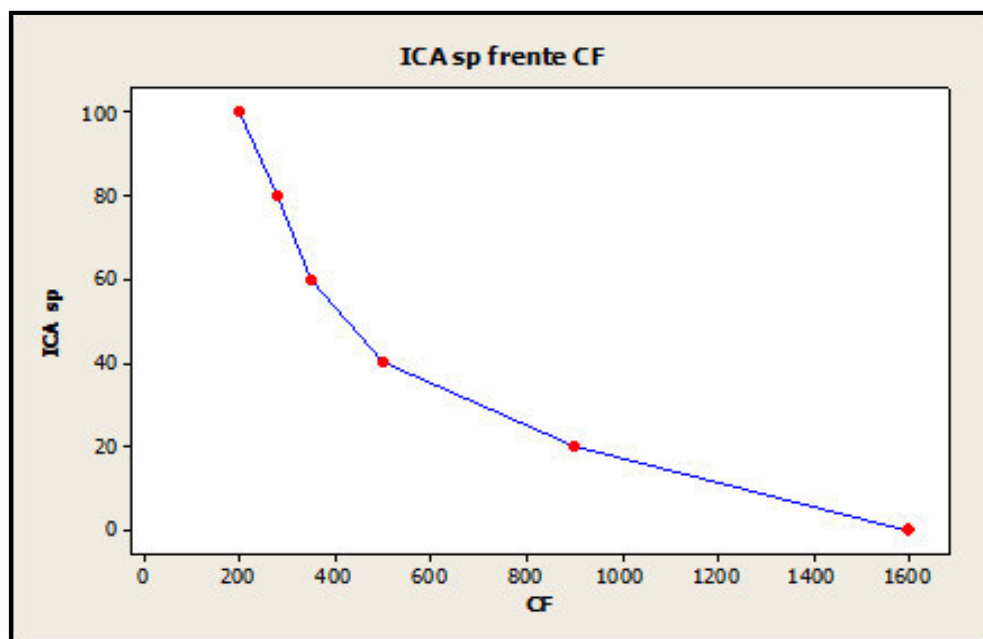


Figura 8. ICA\_sp frente a CF (NMP/100 mL o UFC/100 mL)

Fuente: García *et al.*, 1981 [29]

Si se usa el método de tubos múltiples se recomienda hacer el análisis de CF empleando 3 diluciones, 10, 1.0 y 0.1 mL con 5 réplicas y calcular el NMP/100 mL de acuerdo a los resultados obtenidos; la Tabla 9221.IV del Standard Method puede emplearse para este fin.

### 2.2.3 Índices Biológicos.

En los últimos tiempos, se ha incorporado en muchas legislaciones ambientales el uso de índices biológicos (macroinvertebrados), como bioindicadores de la calidad de las aguas superficiales. “Los bioindicadores se utilizan a diferentes niveles, desde el nivel individual (a través de biomarcadores) hasta el poblacional, comunidad o ecosistema” [20] y que por su alta sensibilidad y/o tolerancia a ciertos parámetros es fácil su monitoreo y detección de la calidad ambiental [30]. Es preferible la identificación hasta el nivel de familias para su posterior evaluación. Los macroinvertebrados acuáticos son usados como especies para estudios de ecotoxicología en laboratorios a nivel del mundo, sin embargo, son muy poco usados aún en programas de monitoreo y vigilancia [20].

Según Bonada *et al.* 2006 [31], algunas de las consideraciones para los bioindicadores son:

- Tener una amplia distribución geográfica en diferentes ambientes.
- Presentar una gran diversidad de especies con gran diversidad de respuestas a los gradientes ambientales.
- Ser en su mayoría sedentarios, lo que permite el análisis espacial de la contaminación.

- Tener ciclos de vida largos, lo cual integra los efectos de la contaminación en el tiempo.
- Ser muestreados de forma sencilla y barata.
- Tener una taxonomía en general bien conocida a nivel de familia y género.
- Tener una estabilidad bien conocida a diferentes tipos de contaminación.

#### 2.2.3.1 Índice Biológico Biological Monitoring Working Party

En la presente investigación se aplicó el índice biológico BMWP, para lo cual se ha tenido que elaborar una nueva tabla de clasificación, a partir de la combinación de la “Propuesta para la implementación de indicadores biológicos en la evaluación de la calidad del agua” de la ANA [19] y los trabajos realizados por Medina *et al.* 2008 [32], Roldán, 2003 [33] y Ríos-Touma *et al.* 2014 [34].

Tabla 5. Clasificación de las aguas según el índice BMWP/nPe-mod.

CALIFICACION	Valores	Calidad Biológica	Color
Aguas muy limpias	$\geq 100$	Buena	
Aguas con signos de estrés	61-100	Aceptable	
Aguas contaminadas	36-60	Regular	
Aguas muy contaminadas	16-35	Mala	
Aguas extremadamente contaminadas	$\leq 15$	Pésima	

Fuente: Medina *et al.*, 2008 [28].

#### 2.2.3.2 Índice biológico Average Score Per Taxon (ASPT)

La Puntuación Promedio por Taxa (ASPT) es un índice que se calcula mediante la división del BMWP entre el número de taxas, se usa cuando hay diversidad biológica [35]; la aplicación del índice ASPT se da después del cálculo del BMWP/Pe-mod, y

se procede a la clasificación de las aguas de acuerdo a la tabla 6, que es propuesta por Miravet *et al.*, 2016 [7].

Tabla 6. Clasificación de las aguas según el Índice ASPT.

Clases	ASPT (Valor)	Significado	Color
I	>6.0.0	Aguas limpias, aguas no contaminadas o no alteradas de modo sensible	Blue
II	5.00-6.00	Calidad dudosa, algunos efectos de contaminación	Green
III	4.00-4.99	Probable contaminación moderada	Yellow
IV	<4.00	Probable contaminación severa	Red

Fuente: Miravet, *et al.* 2016 [7].

#### 2.2.4 Glosario

**Agua residual doméstica:** aguas residuales de origen residencial, comercial e institucional que contienen deshechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana como la preparación de alimentos y el aseo personal [36].

**Agua residual no doméstica:** Descarga de líquidos producidos por alguna actividad económica comercial e industrial, distintos de los generados por los usuarios domésticos, quienes descargan aguas residuales producto de la preparación de alimentos, del aseo personal y de deshechos fisiológicos [37].

**Agua superficial:** Son las aguas que se encuentran sobre la superficie del suelo, pueden ser corrientes, que se mueven en una misma dirección y circulan continuamente o aguas estancadas que provienen de precipitaciones, deshielos o nieve que no se infiltra ni regresa a la atmósfera [36].

**Aluminio:** Es el tercer metal más abundante en la Tierra, se encuentra en minerales como la bauxita y la bohemita, tiende a asimilarse como hidróxido, especialmente

como reemplazo del calcio, otra fuente de aluminio es la producida por el uso de insecticidas a base de fosfato de aluminio [38].

**Arsénico:** Se encuentra en la naturaleza combinado con otros metales, su presencia en el agua se debe frecuentemente por la erosión de rocas volcánicas o superficiales que lo contengan, la principal fuente de arsénico como contaminante de ríos es la actividad antropogénica, entre las que destaca la refinación y producción/uso de plaguicidas a base de este metaloide [39].

**Cadmio:** Elemento metálico que se encuentra en la naturaleza asociado a otros metales (plomo y zinc) considerado muy tóxico y se acumula principalmente en los huesos. Por lo general las concentraciones de este metal en aguas de río son menores a 5 ppm [40].

**Coliformes termotolerantes (fecales):** Son aquel grupo de bacterias que son capaces de fermentar la lactosa a 44-45 °C, entre ellas está la *E. coli*, y otros géneros como el *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter* [41].

**DBO<sub>5</sub>:** Cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para la estabilización de la materia orgánica bajo condiciones de tiempo y temperatura específicos (generalmente 5 días y a 20 °C) [37].

**DQO:** Es la medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidante, sales inorgánicas de permanganato o dicromato de potasio [37].

**Estándar de Calidad Ambiental para agua (ECA-agua):** Nivel de concentración máximo de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos



presentes en los recursos hídricos superficiales que no presentan riesgo significativo para la salud de las personas ni contaminación del ambiente [42].

**Época de avenida:** periodo del año en el cual, los caudales mensuales medios llegan a sus valores máximos [43].

**Época de estiaje:** periodo del año en el cuál, los caudales mensuales medios llegan a sus valores mínimos [43].

**Floraciones algales:** Proliferación rápida y excesiva de una o pocas especies de algas, bajo determinadas condiciones ambientales. Pueden ser plantónicas o bentónicas, dando al agua o a los sustratos tonalidades verdosas, verdes azuladas, parduzcas, rojizas, etc., en algunos casos con formación de espumas y/o natas [43].

**GPS:** Equipo de sistema de posicionamiento global transformado en un estándar para la ubicación de los sitios de trabajo, lo cual asegura determinar que cada estación sea muestreada en el mismo sitio, proporcionando las coordenadas geográficas con una alta precisión y exactitud [43].

**Hierro:** Es el cuarto elemento metálico más abundante sobre la Tierra, fácilmente oxidable en presencia de oxígeno. Su sobredosis en forma aguda puede ser amenazante, asimismo su consumo en sobredosis en forma crónica puede conllevar daños en hígado y corazón por su acumulación [44].

**Laboratorio acreditado:** Laboratorio que cuenta con el reconocimiento del Instituto Nacional de Calidad (INACAL) u otra entidad internacional equivalente que cumple con los requisitos establecidos en la norma ISO 17025, que establece los requisitos

generales que debe cumplir los laboratorios de ensayo para acreditar su competencia [45].

**Monitoreo de la calidad de los recursos hídricos:** Proceso que permite obtener la medición de la calidad de los cuerpos naturales del agua con el objetivo de realizar el seguimiento y control de la exposición de los contaminantes y su afectación a los diferentes usos de agua y a los sistemas acuáticos [45].

**Muestra de agua:** parte representativa del material a estudiar en el cual se analizarán los parámetros de interés [45].

**Muestra puntual:** Consiste en la toma de una porción de agua en un punto o lugar determinado para su análisis individual [46].

**Multiparámetro (Equipo multiparamétrico):** Instrumento que mide simultáneamente varios parámetros como pH, temperatura, conductividad, sólidos disueltos totales y oxígeno disuelto directamente en el cuerpo de agua [46].

**Preservación de muestra:** Procedimiento usado para estabilizar una muestra de forma tal que las propiedades bajo prueba se mantengan estables desde el muestreo hasta la preparación para el análisis [47].

**Punto de monitoreo:** Ubicación geográfica en una zona específica de un cuerpo de agua donde se realiza la toma de muestras de parámetros para la determinación de la calidad del agua [47].

**Quebrada:** Hendidura en una montaña cuyo fondo contiene una corriente natural de agua de caudal bajo, que puede desaparecer durante la época de estiaje [47].

**Recurso hídrico:** Comprende el agua superficial, subterránea, continental y los que vienen asociados con esta. Se extiende al agua marítima y atmosférica en lo que resulte aplicable [47].

**Refrigerantes:** Cualquier cuerpo o sustancia que actúa como agente de enfriamiento absorbiendo calor de otro cuerpo o sustancia [47].

### 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Selección de las estaciones de muestreo.

Las estaciones de muestreo fueron seleccionadas teniendo en cuenta tres aspectos fundamentales: la representatividad, equidistancia entre las estaciones y su accesibilidad para el muestreo, como se puede apreciar en la tabla 7 y figura 9.

Tabla 7. Códigos, descripciones y coordenadas de los puntos de muestreo.

Código de laboratorio	Código del informe	Lugar	Coordenadas UTM 18L		
			Este	Norte	Altura (msnm)
TP 6	P1	A 50 m aguas arriba del Puente de la localidad de Puente	342088	8662139	1880
TP 5	P2	A 10 m aguas abajo del Puente Bentin	336761	8663053	1517
TP 4	P3	Altura del Km 57 de la Carretera Lima-Cieneguilla-Antioquía	330357	8667411	1213
TP 1	P4	Altura del Puente Chontay	314303	8669379	703
TP 2	P5	Altura del Puente Sauce Alto	306682	8662381	370
TP 3	P6	A 200 m aguas arriba del Puente Pachacamac	300645	8656853	224

Fuente: Elaborada por el autor.

#### 3.2 Toma de Muestras.

La toma de muestras se realizó en seis estaciones, siguiendo el procedimiento interno del Laboratorio de Servicios Analíticos Generales SAC que está acorde al Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Rev. 23; 2015 y el

Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales del ANA [42]. El muestreo fue realizado en forma conjunta por el tesista y un técnico del laboratorio en el cual se realizaron las determinaciones.

### 3.3 Metodología Experimental.

Para una mejor confiabilidad y representatividad de los resultados, las determinaciones analíticas de las seis muestras de agua, fueron realizadas en el Laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C. (SAG SAC), acreditado por INACAL (N° LE-047). Asimismo, después de obtener los análisis de laboratorio se procedió al cálculo de los diferentes índices (ICA\_sp; BMWP/nPe-mod. y ASPT).

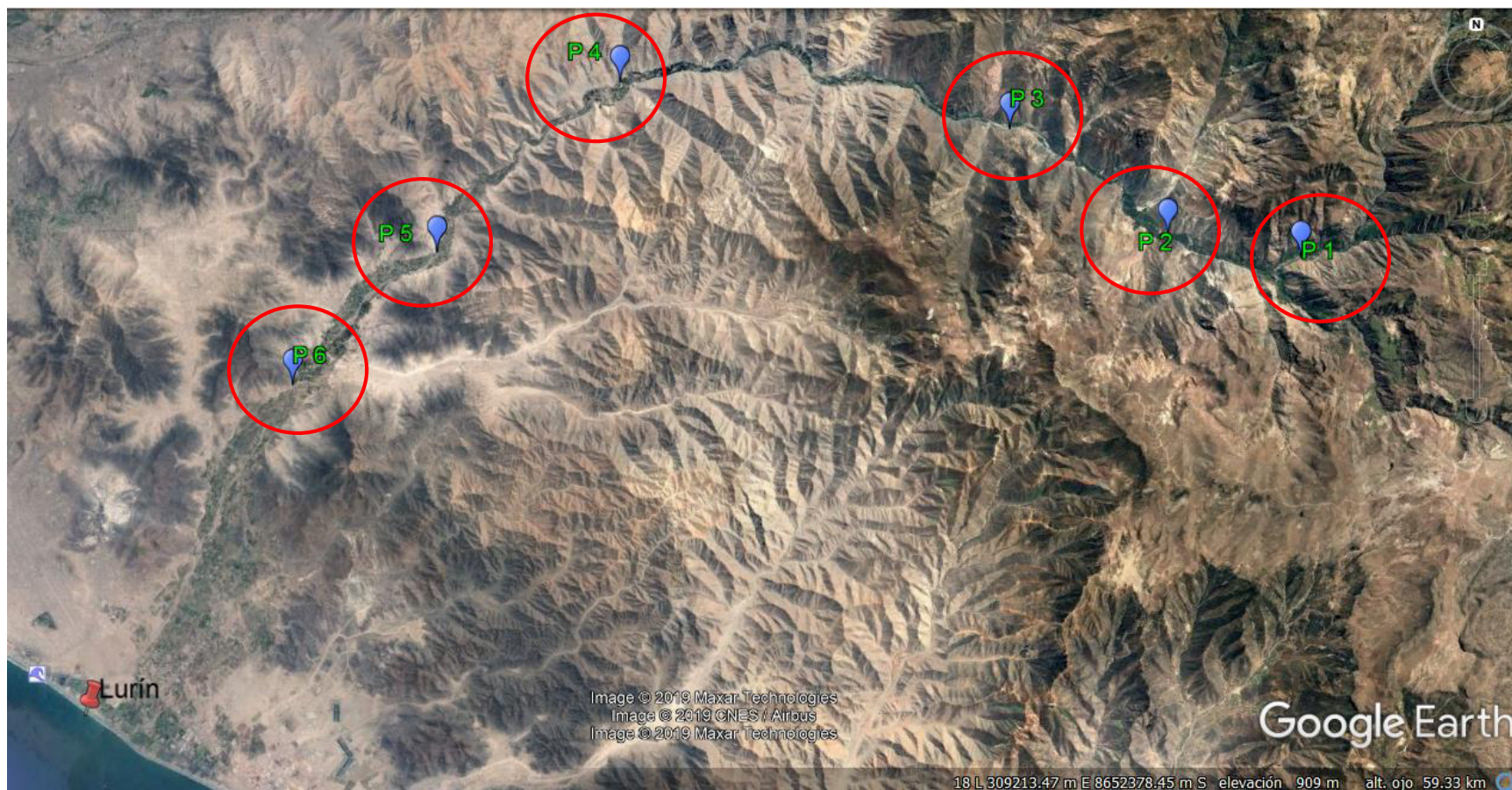


Figura 9. Vista del cauce del río Lurín con los seis puntos de muestreo.  
Fuente: Elaborado por el autor a partir del Google Earth, 20



### 3.3.1. Determinaciones Físico-químicas.

Los ensayos que se realizaron *in situ* son la temperatura (T), pH, conductividad eléctrica (CE) y oxígeno disuelto (OD), acorde a las siguientes metodologías

- Temperatura: Temperature. Laboratory and Field Methods [48]
- pH: SM 4500 H<sup>+</sup>B. pH Value. Electrometric Method [49]
- CE: SM 2510 B. Conductivity. Laboratory Method [50]
- OD: NTP 214.046:2013. Calidad de Agua. Determinación de oxígeno disuelto en agua. Método de sonda instrumental. Sensor basado en luminiscencia. 1era. Edición (2013-05-29) [51]
- Caudal: UNE-EN ISO 748:2009. Hidrometría. Medida de Caudal de líquidos en canales abiertos utilizando medidores de caudal o flotadores [52].



Figura 10. Mediciones *in situ*. A: Equipo multiparámetro usado durante las *in situ*. B: Medición del parámetro OD en el mismo cuerpo de agua.

Fuente: Elaborada por el autor.



Figura 11. Medición del caudal en el río Lurín.

Fuente: Elaborada por el autor.

Los ensayos que se realizaron en laboratorio son la DBO<sub>5</sub>, DQO y MT (Al, As, Cd y Fe) acorde a las metodologías.

- DBO<sub>5</sub>: Standar Method: SM 5210 B. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test [53]
- DQO: SM 5220 D. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method [54]
- MT (Al, As, Cd y Fe): EPA Method 2007, Rev.4.4. EMMC Version. Determination of Metals and trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry [55].

### 3.3.2 Análisis Hidrobiológicos.

Los análisis para identificación de las familias de macrobentos (macroinvertebrados) y su cuantificación se dieron acorde a la siguiente metodología

- Macrobentos (macroinvertebrados): Standar Method: SM10500 C. Benthic Macroinvertebrates. Samples Processing and Analysis. 2012 [56]. Para ello

se colectará los macrobentos con una red Surber y serán preservados con alcohol al 70%.



Figura 12. Recolección de macrobentos con la red Surber.  
Fuente: Elaborada por el autor.

### 3.3.3 Análisis Microbiológicos.

La determinación de los CF se dio acorde a la metodología.

- CF: Standar Method: SM 9221 E-1 Multiple-Tube Fermentation. Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. 2012 [57].



#### 4. RESULTADOS

Acorde a los análisis realizados *in situ*, con el equipo multiparámetro y habiendo hecho uso del correntómetro en los seis puntos muestreados, se muestran los resultados en la tabla 8; así mismo sólo el parámetro de pH sobrepasa en tres puntos de muestreo el ECA-agua para uso agrícola (figura 12), mientras que la CE no llega a sobrepasar su ECA (figura 13) y el OD está por encima del mínimo necesario que establece la norma nacional (figura 14).

Tabla 8. Resultados de las mediciones *in situ*.

Código	pH (Unid. pH)	T° (°C)	Conductividad (uS/cm)	Oxígeno Disuelto (O <sub>2</sub> mg/L)	Caudal (L/s)
P1	8.45	20.3	368	7.8	171.5
P2	7.74	23.9	613	7.5	188
P3	8.74	23.2	636	9.3	482
P4	8.44	20.3	635	8.3	191
P5	8.78	23.8	584	10.3	142.5
P6	9.81	23.6	703	16	6

Fuente: Elaborada por el autor.

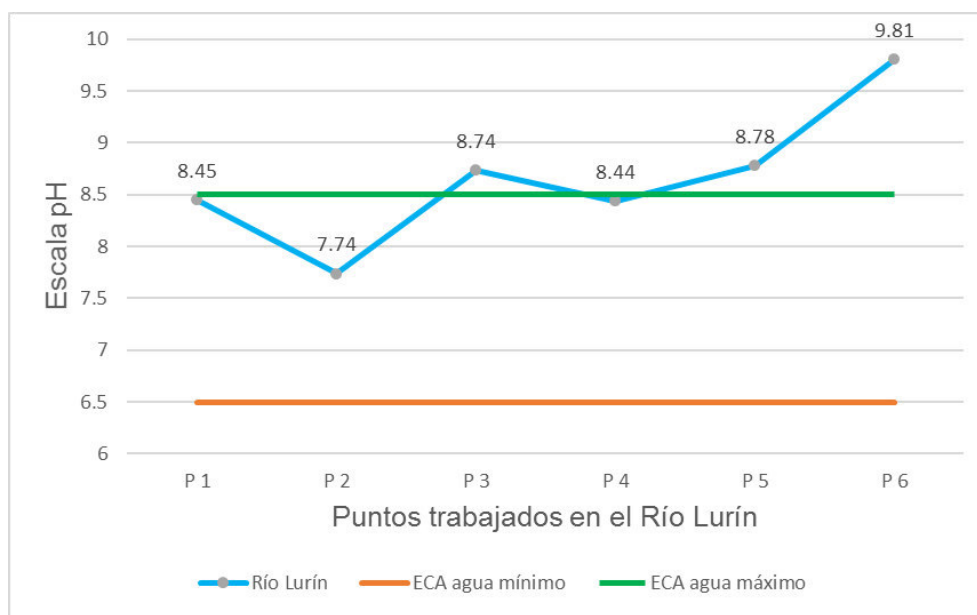


Figura 13. Comportamiento del pH (unidades) con respecto al ECA del agua en Perú

Fuente: Elaborada por el autor con base a [58].

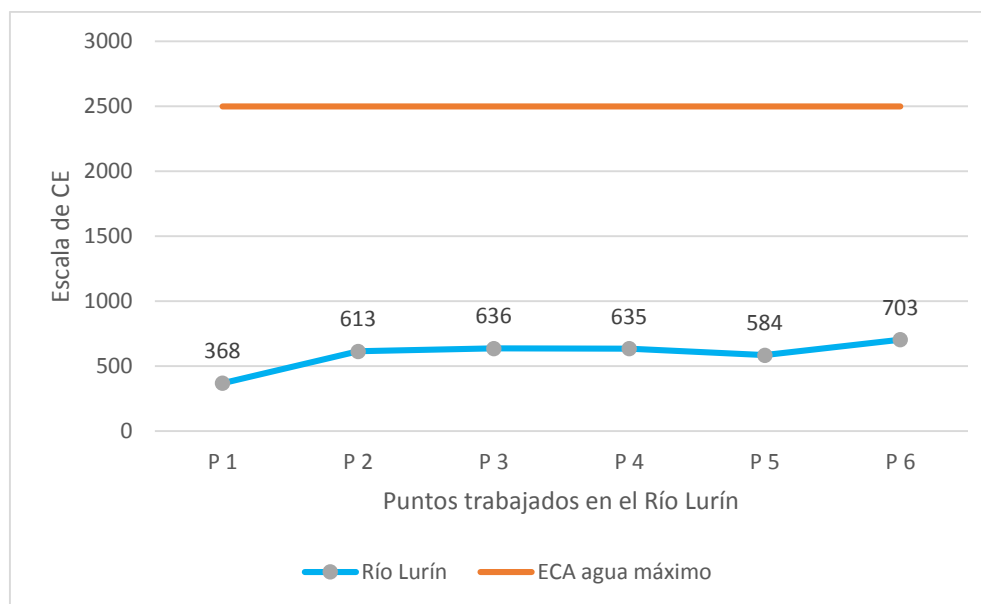


Figura 14. Comportamiento de la CE (Us/CM) con respecto al ECA del agua en Perú

Fuente: Elaborada por el autor con base a [58].

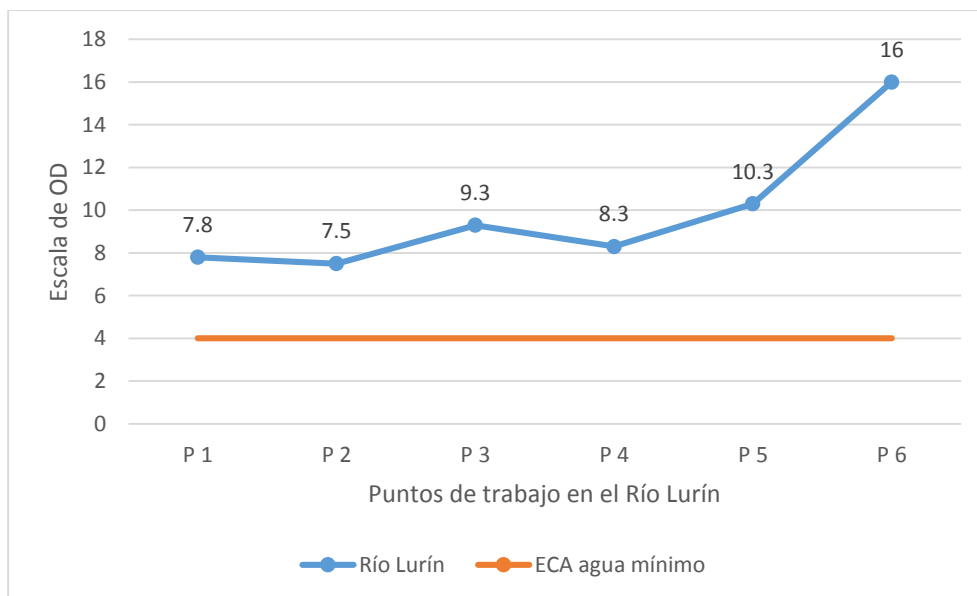


Figura 15. Comportamiento del OD (mg/L) con respecto al ECA del agua en Perú  
Fuente: Elaborada por el autor con base a [58].

De los resultados de análisis realizados en el laboratorio (tabla 9), se puede apreciar que los análisis físico-químicos no llegan a sobrepasar el ECA-agua para uso agrícola, mientras que solo el microbiológico sobrepasa la normativa ambiental (Ver figura 14) en el P4.

Tabla 9. Resultados de las determinaciones de laboratorio

Código	DBO <sub>5</sub>	DQO	M.O (C.F.)	M.T.			
				Al	As	Cd	Fe
P1	< 2.00	< 10.0	79 x 10	< 0.01	0.009	< 0.0004	0.008
P2	< 2.00	< 10.0	13 x 10	0.01	0.007	< 0.0004	0.007
P3	< 2.00	< 10.0	49	0.02	0.005	< 0.0004	0.021
P4	< 2.00	< 10.0	13 x 10 <sup>2</sup>	0.22	< 0.001	< 0.0004	0.232
P5	< 2.00	< 10.0	13 x 10	0.11	< 0.001	< 0.0004	0.092
P6	< 2.00	< 10.0	< 1.8	0.02	< 0.001	< 0.0004	0.011

Fuente: Elaborado por el autor.

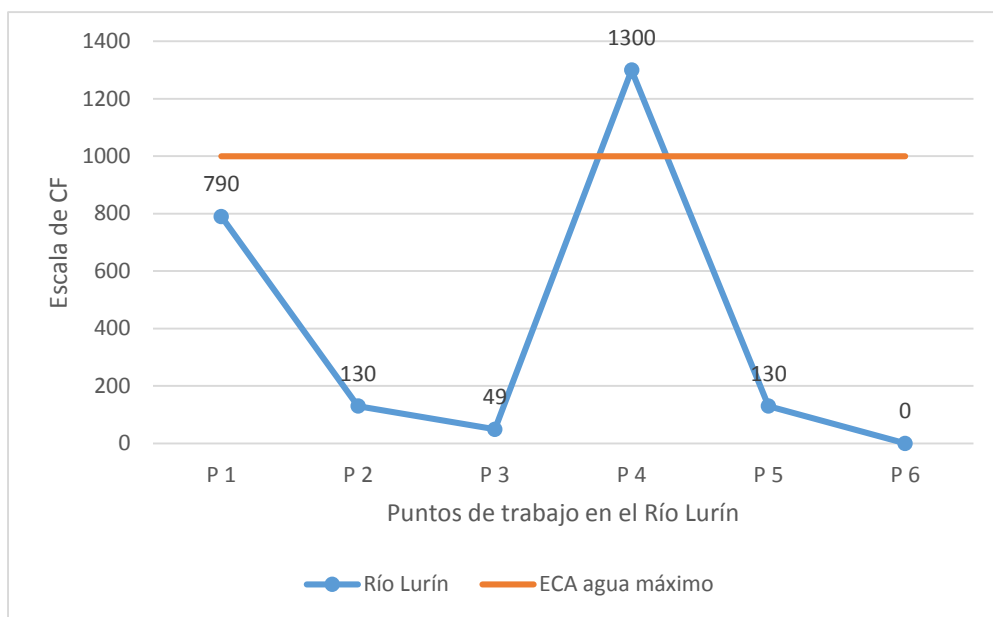


Figura 16. Comportamiento de los CF (NMP/100MI) con respecto al ECA del agua en Perú.

Fuente: Elaborada por el autor con base a [58].

Los gráficos de DBO<sub>5</sub>, DQO, y análisis de metales (Al, As, Cd y Fe) no se muestran al estar muy por debajo de la normativa peruana ECA-agua [58].

A partir de los datos resultantes de los muestreos de macroinvertebrados (macrobentos) fue necesario compilar y elaborar una nueva tabla de clasificación, que permitió la asignación de las diferentes puntuaciones a las familias recolectadas en los diferentes puntos de muestreo, a partir de considerar una serie de investigaciones de varios autores donde se presentan los puntajes asignados a las diferentes familias que están presente en los puntos de muestreo del presente trabajo. Esto permitió seleccionar el valor modal representativo de cada una de las familias e incorporarlo como la puntuación actualizada en esta investigación. (ver tabla 10)

Tabla 10. Relación de las familias de macrobentos y su puntuación.

Orden	Familia	Referencia bibliográfica de la Puntuación	Puntuación asignada
Oligochaeta (Clase)	Morfoespecie	1 (1)(3)(4)(5)(6)(7)	1
	<b>Tubificidae</b>	<b>1 (7)</b>	<b>1*</b>
Díptera	Chironomidae	2 (1)(3)(4)(5)(6)(7)	2
	Simuliidae	5 (1)(2)(4)(6) 4 (5) 8 (7)	5
	Stratiomidae	4 (1)(3)(5)(7)	4
	Ceratopogonidae	4 (1)(3) 3 (7)	4
	Tipulidae	5 (1)(2)(4)(6) 4 (5) 3 (7)	5
	Culicidae	2 (1)(3)(4)(5)(7)	2
	Tabanidae	4 (1)(3)(5) 5 (7)	4
	Blepharoceridae	10 (1)(5)(7)	10
	Dolichopodidae	4 (1)(5)(7)	4
	Muscidae	2 (1)(7)	2
	Psychodidae	3 (1) 7 (7)	3
	<b>Empididae</b>	<b>4 (7)(8)</b>	<b>4*</b>
Ephemeroptera	Baetidae	4 (1)(2)(3)(6) 5 (5) 7 (7)	4
	Leptophlebiidae	10 (1)(2)(3) 8 (5) 9 (7)	10
	Oligoneuridae	10 (1)	10
	Ameletidae	10 (3)	10
	Tricorythidae	10	10
	<b>Leptohypfidae</b>	<b>7 (7)(8)</b>	<b>7*</b>
Plecóptera	Perlidae	10 (1)(2)(3)(5)(6)(7)	10
Trichoptera	Hydrobiosidae	7 (3) 8 (1) 10 (5)	8
	Hidropsychidae	5 (1)(5) 7 (7)	5
	Glososomatidae	7 (1)(7) 8 (5)	7
	Odontoceridae	10 (1)(5)(6)(7)	10

Tabla 10. Relación de las familias de macrobentos y su puntuación (continuación).

Orden	Familia	Referencia bibliográfica de la Puntuación	Puntuación asignada
Trichoptera	Polycentropodidae	8 (1) 6 (5) 7 (6) 9 (7)	<b>8</b>
	Leptoceridae	8 (1)(5) 10 (6) 8 (7)	<b>8</b>
	Calamoceridae	10 (1)(7) 8 (5)	<b>10</b>
	Helicopsychidae	10 (1) 8 (7)	<b>10</b>
	Philopotamidae	8 (1) 7 (5) 9 (7)	<b>8</b>
	Hydroptilidae	6 (1)(6) 7 (7)	<b>6</b>
Coleóptera	Staphylinidae	3 (1) 4 (5)(7)	<b>3</b>
	Elmidae	5 (1)(2)(3)(5) 6 (6)	<b>5</b>
	Hidrophilidae	3 (1)(2)(3)(5) 5 (6)(7)	<b>3</b>
	Dytiscidae	3 (1)(2)(3) 4 (5) 5 (6)	<b>3</b>
	Gyrinidae	3 (1)(2)(3) 4(5) 5(6)	<b>3</b>
	Psephenidae	5 (1)	<b>5</b>
	Scirtidae (Helodidae)	5 (1) 4 (5) 7 (7)	<b>5</b>
	Curculionidae	4 (3)(5)	<b>4</b>
Odonata	Coenagrionidae	6 (1)(2)(3)(6)	<b>6</b>
Heteróptera	Corydalidae	6 (4) 6 (5)(7) 10 (3)	<b>6</b>
	Gerridae	5 (1)(2)(3) 8 (7)	<b>5</b>
	Corixidae	5 (1)(6) 7 (7)	<b>5</b>
	Mesovellidae	5 (6)(7)	<b>5</b>
Basommatophora	Ancylidae	6 (1)(7)	<b>6</b>
Ostracoda (Clase)	Morfoespecie	3 (1)(2)(6)	<b>3</b>
Hydracarina	Hydrachnidae	4 (1)(5)	<b>4</b>
Amphipoda (Clase)	Morfoespecie	6 (1) 5 (5)	<b>6</b>
Tricladida	Planaridae	5 (1)(6) 7 (7)	<b>5</b>
<b>Gastropoda</b>	<b>Physidae</b>	<b>3 (7)(8)</b>	<b>3*</b>

Tabla 10. Relación de las familias de macrobentos y su puntuación (continuación).

(1) ABI, Andean Biotic Index, Grupo de Recerca F.E.M. Universidad de Barcelona. España. Ríos <i>et al.</i> , 2006
(2) IBMWP, Para ríos de Chile (Peu Peu). Universidad Católica de Temuco. Chile. Leiva, 2004.
(3) ChBMWP. Para ríos de Chile mediterráneo. Universidad de Chile. Figueroa, 2004 y Molina, 2006.
(4) ÍBMWP (RP-NdS). Río Pamplonita - Norte de Santander. Venezuela. Sánchez-Herrera, 2005
(5) BMWP-CR. Modificada para Costa Rica (2005)
(6) BMWP-Chama. Universidad de los Andes. Mérida. Venezuela. Correa, 2000.
(7) BMWP-Col. Universidad de Antioquia – Medellín; Colombia. Roldan, 2003.
(8) <b>ABI, Andean Biotic Index, Rev. Biol. Trop. Vol. 62. 2: 249-273. Ríos - Touma <i>et al.</i>, 2104.</b>

Fuente: Medina *et al.*, 2008 [32], modificada por el autor con la adición de familias - taxas - a partir de trabajos previos (8) \*, indicada en **negrita**.

En la tabla 11, se muestra el resultado de los análisis hidrobiológicos en base a la recolección de macrobentos tomada en los seis puntos de muestreo.

Tabla 11. Resultados de los análisis hidrobiológicos (macrobentos). Familias identificadas por puntos de muestreo.







Macrobentos		Códigos					
Orden	Familia	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Díptera	Ceratopogonidae					X	
	Chironominae	X	X	X	X	X	X
	Empididae	X	X	X			
	Simuliidae	X	X	X			X
Coleóptera	Elmidae	X	X	X	X	X	X
	Hydrophilidae			X			
	Staphylinidae	X					
Ephemeroptera	Baetidae	X	X	X		X	X
	Leptophlebiidae	X					
	Leptohyphidae	X	X	X	X	X	X
Trichoptera	Hidrobiosidae	X	X				
	Hidropsychidae				X	X	
	Hydroptilidae	X	X	X	X	X	X
Arachnida	Hydracarina	X	X	X			
Gastropoda	Physidae	X	X			X	X
Oligochaeta	Tubificidae				X	X	X
	Oligochaeta	X					

Fuente: Elaborada por el autor.

En la Tabla 12 se muestran las seis principales familias de macrobentos encontradas a lo largo de los seis puntos de muestreo junto a su puntaje y los puntos de muestreo donde fueron reportadas.



Tabla 12. Principales familias de macrobentos identificadas en el muestreo.

Familia: Chironominae	Puntuación: 2	Familia: Elmidae	Puntuación: 5
			
Puntos encontrados: 1, 2, 3, 4, 5 y 6		Puntos encontrados: 1, 2, 3, 4, 5 y 6	
Familia: Leptohyphidae	Puntuación: 7	Familia: Hydroptilidae	Puntuación: 6
			
Puntos encontrados: 1, 2, 3, 4, 5 y 6		Puntos encontrados: 1, 2, 3, 4, 5 y 6	
Familia: Baetidae	Puntuación: 4	Familia: Simuliidae	Puntuación: 5
			
Puntos encontrados: 1, 2, 3, 5 y 6		Puntos encontrados: 1, 2, 3 y 6	

Fuente: Elaborada por el autor.

Los valores del índice BMWP / nPe-mod. calculados a partir de la presencia de las diferentes familias de macrobentos en los seis puntos de muestreo, se resumen en la tabla 13.

Tabla 13. Resultados del índice BMWP/nPe-mod.

Macrobentos	Puntuación / nPe-mod.	Códigos					
Familias		P1	P2	P3	P4	P5	P6
Ceratopogonidae	4					4	
Chironominae	2	2	2	2	2	2	2
Empididae	4	4	4				
Simuliidae	5	5	5	5			5
Elmidae	5	5	5	5	5	5	5
Hydrophilidae	3			3			
Staphylinidae	3	3					
Baetidae	4	4	4	4		4	4
Leptophlebiidae	10	10					
Leptohyphidae	7	7	7	7	7	7	7
Hidrobiosidae	8	8	8				
Hidropsychidae	7				7	7	
Hydroptilidae	6	6	6	6	6	6	6
Hydracarina	4	4	4	4			
Physidae	3	3	3			3	3
Tubificidae	1				1	1	1
Oligochaeta	1	1					
BMWP / nPe-Mod.		62	48	36	28	39	33

Fuente: Elaborada por el autor.

El cálculo del índice ASPT también desarrollado a partir de la abundancia de ejemplares colectados de cada una de las familias constituye un apoyo en una interpretación más integral junto a los resultados del índice BMWP / nPe-Mod. esta información se refleja en la tabla 14.

Tabla 14. Resultados del Índice ASPT.

Código	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Puntuación BMWP/ nPe-Mod.	62	48	36	28	39	33
# de Familias (taxas)	13	10	8	6	9	8
Puntuación ASTP	4.77	4.8	4.5	4.67	4.34	4.12

Fuente: Elaborada por el autor.

Una vez obtenido los análisis físico-químicos, se procede a calcular el índice ICA\_sp propuesto en el presente trabajo para la obtención de la calidad y clasificación de las aguas del río Lurín, cuyos resultados se resumen en la tabla 15.

Tabla 15. Resultados del índice ICA\_sp.

Indicador	Peso Relativo (W <sub>i</sub> )	P1	P2	P3	P4	P5	P6
pH	0.1	77.5	100	63	78	61	9.5
CE	0.1	100	88.7	86.4	86.5	91.6	79.6
ODSAT	0.3	87.5	92.5	100	100	60	0
DQO	0.25	100	100	100	100	100	100
CF	0.25	21.25	100	100	9.93	100	100
ICA_sp		74.31	96.62	94.94	73.93	83.26	58.91

Fuente: Elaborada por el autor.

En la figura 17 se puede apreciar cómo van variando los tres índices a lo largo de la sección de la cuenca del río Lurín en los seis puntos de muestreados, como se puede apreciar existe una buena correspondencia entre el comportamiento del índice BMWP / nPe-Mod. y el ICA\_sp, sin embargo, en el caso del índice ASPT al ponderar por la diversidad de familias es mucho más riguroso, lo cual se evidencia en caracterizar a todos los puntos de muestreo en la categoría de “probable contaminación de las aguas”.

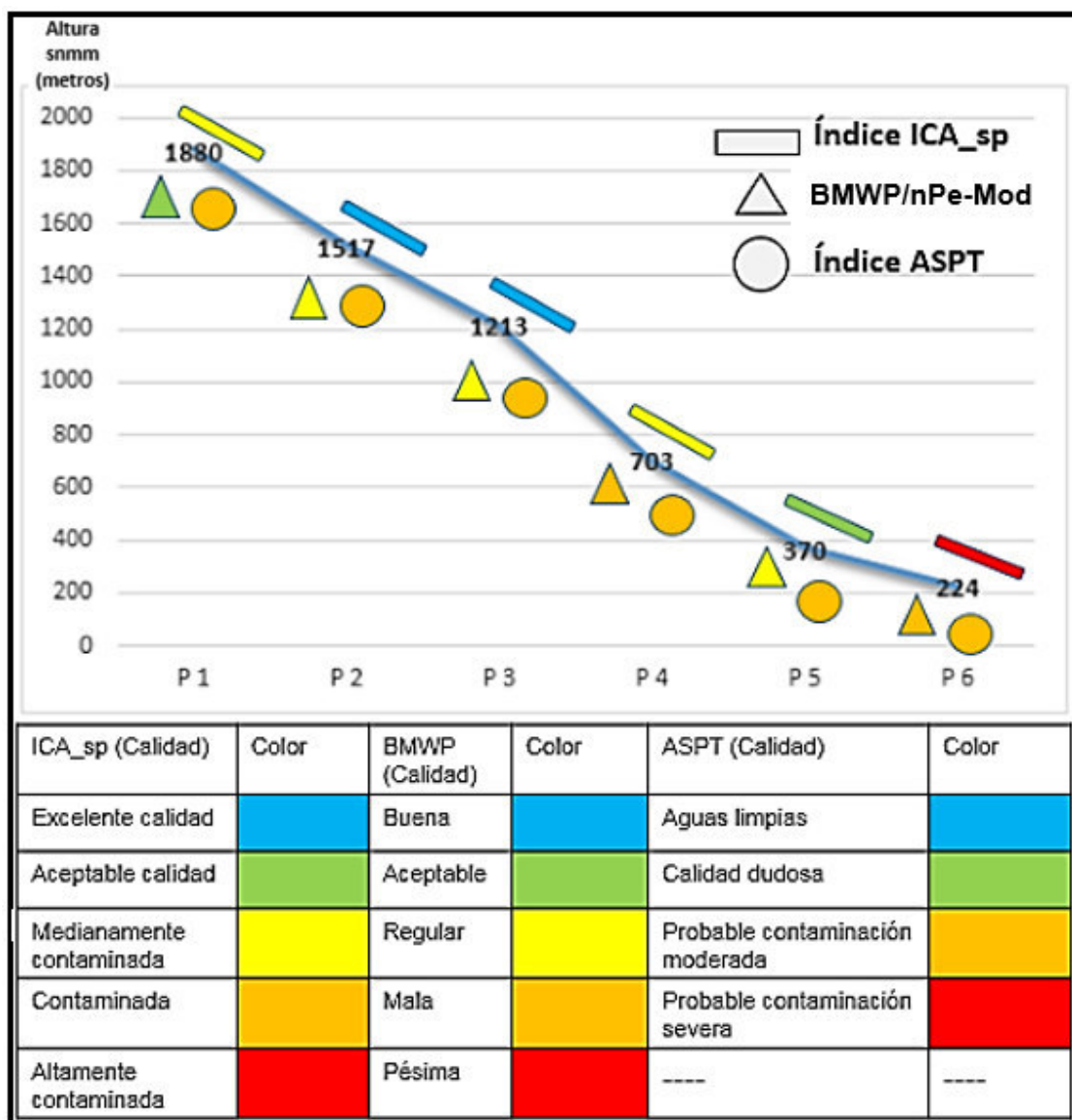


Figura 17. Comportamiento de los Índices ICA\_sp, BMWP/nPe-Mod. y ASPT a lo largo de los seis puntos muestrados.

Fuente: Elaborada por el autor.

Asimismo, en la figura 18 se adicionan los puntos representativos de potenciales fuentes de contaminación reportados por la ANA (Se muestran los más cercanos a la sección de la cuenca del río Lurín que fue muestreada), tal es el caso que se pudo apreciar que durante el recorrido del río Lurín a través de los puntos de muestreo, los valores del índice ICA\_sp no reflejan estar muy afectados por la descarga de

aguas residuales y la presencia de centro poblados; en el punto P5, se observó un aumento en el índice ICA<sub>sp</sub> debido a una dilución de los contaminantes por aumento del caudal y aunque al llegar al punto P6, vuelve a disminuir la calidad del agua, debido a la derivación de su cauce, para uso en la actividad agrícola y ganadera en territorios próximos a la ribera del río Lurín. Por otro lado, en el caso de los índices biológicos BMWP / nPe-Mod. y ASPT, al ser los macroinvertebrados (macrobentos) muy sensibles a las descargas de aguas residuales, se observó que mantienen una tendencia a la presencia de familias de macrobentos, representativas de una menor calidad del agua. De igual manera, los resultados expresados a través del índice ASPT, evidencian problemas de calidad de las aguas en todos los puntos de muestreo como se puede observar en la referida figura.

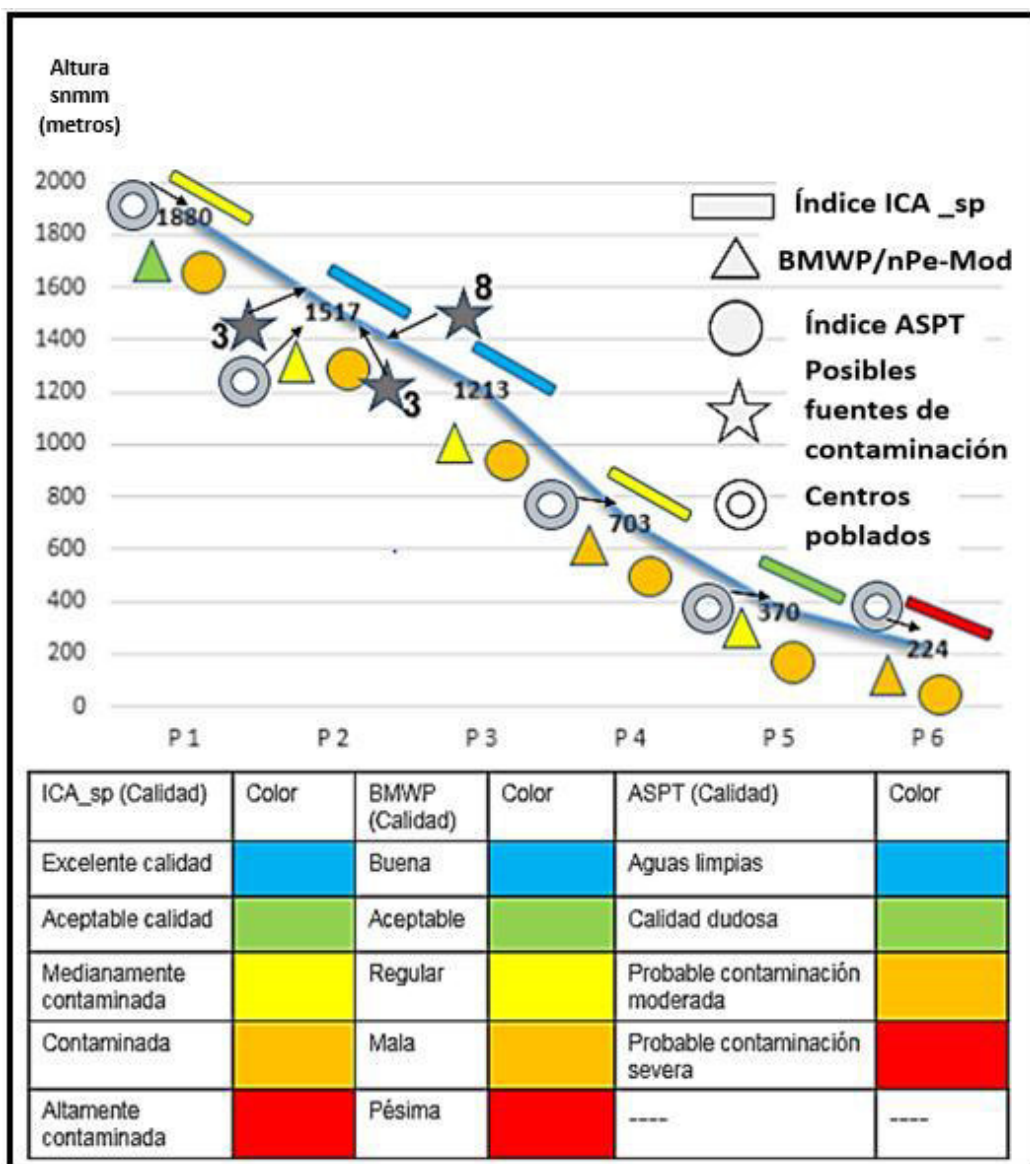


Figura 18. Índices ICA\_sp, BMWP/nPe-Mod, ASPT, Pueblos cercanos y Posibles fuentes de contaminación identificadas por la ANA.

Fuente: Elaborada por el autor.

## 5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Las variaciones de pH, T° y CE a lo largo de los seis puntos muestreados deben estar relacionadas con la actividad antrópica cercana, la influencia de la presencia de efluentes domésticos no tratados y el vertimiento de residuos sólidos que van afectando la calidad de las aguas del río Lurín.

El OD es un parámetro que se mantiene bastante estable en la sección estudiada, a excepción de los P5 y P6 en donde aumenta, debido a las floraciones algales que se van incrementando y a la disminución del caudal, que es redireccionado para el riego de los cultivos y bebida del ganado del valle en la cuenca baja del río Lurín.

Acorde al Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, “Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas” [58], los puntos de muestreo P3, P5 y P6 sobrepasan los valores máximos de pH que es 8.5 unidad; mientras que el punto de muestreo P4 sobrepasa el Número Más Probable de coliformes fecales que es 1000 NMP/ 100 mL.

En los análisis realizados *in situ* de las seis estaciones de muestreo, se encontró que el pH del río Lurín es de naturaleza alcalina; asimismo se encontró una contaminación por coliformes fecales en puntos de muestreo cercano a las poblaciones y/o áreas de cultivos agrícolas, esto, muy similar con los trabajos realizados por el ANA durante los monitoreos de noviembre 2013 [59] y febrero 2014 [60] en el río Lurín.

La aplicación del ICA<sub>sp</sub> a lo largo de los seis puntos de muestreo en la cuenca media y parte de la baja del río Lurín permitió caracterizar las estaciones de muestreo P1 y P4 como “medianamente contaminada”, mientras que el punto P6 se clasificó como “alta contaminación”. Con la aplicación de este mismo índice, Sucoshañay *et al.*, 2015 [61] en el análisis de las aguas del río Puyo, en una cuenca ecuatoriana, encontró que de las 14 estaciones de monitoreo, ocho se clasificaron como “medianamente contaminadas” y dos como “contaminadas”, esto debido a las condiciones físico-químicas y biológicas, las cuales afectan al desarrollo de la vida acuática.

Los trabajos realizados por SENAMHI en abril del 2007 [62] en la cuenca del río Lurín, registraron pH de 6.13 y T° de 19 °C, valores dentro de lo normal para los ríos, asimismo la conductividad obtenida fue de 320.00 uS/cm dando buena calidad para riego y el OD de 3.19, no ideal para la vida acuática, cabe mencionar que todos estos análisis se realizaron a la altura de la Estación Hidrológica del Puente Antapucro (Lurín).

Gonzáles *et al.*, 2012 [63] realizó un monitoreo por un periodo de casi un año y en épocas diferentes, encontrándose una diferencia no significativa entre los macroinvertebrados muestreados, a excepción para el periodo de diciembre 2010, que, por la presencia de lluvias y aumento de caudal, ciertas familias de macroinvertebrados tienden a ser arrastradas.

Otro trabajo similar es el de Gómez *et al.*, 2014 [64], el cual trabajó con 12 estaciones de monitoreo en el Río Garagoa – Colombia, encontrando una



estación de calidad buena, dos de calidad dudosa y las restantes de calidad aceptable, esto usándose los Índices de calidad ambiental bajo los valores del BMWP adaptado para Colombia.

Se puede ver que la calidad del agua del río Lurín va decayendo a lo largo de su cauce, hasta llegar al punto más bajo P6, este mismo comportamiento es reflejado en trabajos de otros autores, como Naranjo *et al.*, 2014 [65], que hizo un monitoreo de varios ríos en el Oriente de Cuba.

## **6. CONCLUSIONES**

1. La composición físico-química de las aguas del río Lurín, reflejada en parámetros como el pH y la CE, se ve afectada en cierta medida por las actividades antrópicas, que se realizan a lo largo de su cuenca.
2. La contaminación microbiológica, reflejada por los CF, en los puntos de muestreo cercano a poblaciones y/o áreas de actividades agropecuarias, es el aspecto más significativo de alteración de la composición microbiológica de las aguas del río Lurín, procedentes de descargas de efluentes no tratados o deficientemente tratados.
3. La composición y abundancia de macroinvertebrados fluviales presentes en el cauce del río Lurín, son afectados fuertemente por el impacto de las actividades antrópicas, lo cual se evidencia con la presencia muy sensibles a la contaminación en el punto P1 y la mayor concentración de familias muy tolerantes a la contaminación en los puntos P4 al P6, donde se haya centros poblados de mayor actividad e ir encontrando cada vez menos familias de macroinvertebrados sensibles a la contaminación, desde el primer punto hasta el último punto de muestreo.
4. El uso combinado de los índices ICA\_sp, BMWP modificado por el autor y ASTP, permitió establecer una clasificación integral en las aguas del río Lurín de los puntos de muestreo en la cuenca media como “medianamente contaminadas”, mientras que las aguas de la cuenca baja clasifican como aguas “contaminadas”, lo cual evidencia el aumento del impacto antrópico, a medida que el río se aproxima a la ciudad de Lima. Es de destacar la buena coincidencia

y complementariedad que hay entre los índices utilizados, independientemente que cada uno de ellos, indica aspectos diferentes del medio fluvial, lo cual permitió comprobar la hipótesis de partida del presente trabajo de investigación.

## **7. RECOMENDACIONES**

1. Realizar estudios similares en la parte de la cuenca alta del río Lurín, así como cercana a la desembocadura, aplicando una metodología igual y/o similar, para una mayor visión sobre el estado de la contaminación y su efecto en la zona costera.
2. Repetir estudios similares, pero en épocas de avenidas (lluvias), con el objetivo de tener resultados representativos del ciclo hidrológico.
3. Fomentar más el uso combinado de bioindicadores con los tradicionales análisis físico-químicos y microbiológicos y los índices de calidad de las aguas, a partir de la reciente aprobación por la ANA de un índice de calidad de las aguas para el Perú.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. Aliaga M. Situación ambiental del recurso hídrico en la cuenca baja del río Chillón y su factibilidad de recuperación para el desarrollo sostenible [Tesis de Posgrado]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería. 2010.
- [2]. Fundación Futuro Latinoamericana (FFLA). Proceso de conformación del Consejo de Recursos Hídricos de la Cuenca Interregional Chillón, Rímac y Lurín, Perú. Una experiencia de gobernanza. Quito-Ecuador. 2015: 23
- [3]. Martínez C. Contaminación amenaza el río Lurín, último pulmón ecológico de Lima. Perú 21 (Lima). 05 de febrero del 2018.
- [4]. Congreso de la República. Área de servicios de Investigación. Informe Temático N° 150/2014-2105. Perú. 2015.
- [5]. Gutiérrez J.B. y García J.M. "Resumen metodológico: un índice para evaluar la calidad de los recursos hídricos superficiales en cuencas hidrográficas (ICA\_sp 2014)". Consejo Nacional de Cuencas Hidrográficas (INRH). La Habana, Cuba. 2014: 14.
- [6]. Sánchez Herrera, M. J. "El índice biológico BMWP (Biological Monitoring Working Party score), modificado y adaptado al cauce principal del río Pamplonita norte de Santander". Revista de la Facultad de Ciencias Básicas, Colombia, 2005, vol. 3, núm. 2, julio, pp. 54-67.
- [7]. Miravet B., García A., López P., Alayón G., Salinas E. Calidad de las aguas del río Araguanabo según índices físico-químicos y bioindicadores. Ing. Hidráulica y Ambiental. May-Ago 2016; 37 (2): 108 – 122.

- [8]. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Anuario de estadísticas ambientales. Monitoreo de agua del río Rímac, según parámetro físico-químico, 2002-2013. 2014; 158.
- [9]. Bedregal P., *et al.* Evaluación del río Rímac en Lima, Perú, utilizando el Índice de Calidad de Agua (ICA). Informe Científico Tecnológico. IPEN. 2010.
- [10]. Autoridad Nacional del Agua (ANA). Metodología para la determinación del Índice de Calidad de Agua de los Recursos Hídricos Superficiales en el Perú (ICA-PE). 2013
- [11]. Innacone J., Alvarino L., Jiménez-Reyes R., Argota G. Diversidad del Plancton y macrozoobentos como indicador alternativo de calidad de agua del río Lurín en el distrito de Cieneguilla, Lima Perú. 2013.
- [12]. Veléz-Azañero A., Lozano S., Cáceres-Torres K., Diversidad de fitoplancton como indicador de calidad de agua en la cuenca baja del río Lurín, Lima-Perú. *Rev. Ecología Aplicada*, 2016; 15 (2).
- [13]. Custodio Villanueva M., Chanamé Zapata F. Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú. *Scientia Agropecuaria* 7 (1): 33-44. 2016. Perú.
- [14]. Giacometti J. Informe de monitoreo de macrobentos río Lliquino Campo Villano. Ecuador. 2014.
- [15]. Paredes C. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua del río Rímac, Lima – Perú. 2005.
- [16]. Flores Diana; H. A. Desarrollo de una herramienta de vigilancia ambiental ciudadana basada en macroinvertebrados bentónicos en la cuenca del Jequetepeque (Cajamarca, Perú). *Ecología Aplicada*, 16 (2). 2017. Perú.

- [17]. Yazdian H.; Jaafarzadeh N.; Zahraie B., Relationship between benthic macroinvertebrate bio-indices and physicochemical parameters of water: a tool for water resources managers. *Journal of Environmental Health Sciences and Engineering*. 2014.
- [18]. Minutoli R.; *et al.*, Multidisciplinary ecological assessment of the Alcantara River (Silicy, Italy) using Bioindicators. *Marine and Freshwater Research*, 65: 283-305. 2014.
- [19]. Autoridad Nacional del Agua (ANA). ten Brink Dirk; Pimentel J. Helen. Dirección de Gestión de la Calidad de los Recursos Hídricos. Propuesta para la implementación de indicadores biológicos en la evaluación de la calidad del agua. Perú.
- [20]. Springer Monika. Biomonitorio Acuático. *Rev. Biol. Trop. Costa Rica*. Diciembre. 2010; 58 (4): 53 – 59.
- [21]. Zurita Haro Edith A., Aplicación combinada del método BMWP – ABI – ICA para la evaluación de la calidad del agua de la microcuenca del río Atapo – Pomachaca, Parroquia Palmira [Tesis de Pregrado]. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador. 2016.
- [22]. Huamán D. Lizth F.; Allende C. Teófilo. Trabajo de Investigación: Valle del río Lurín. Lima, Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2014.
- [23]. Autoridad Nacional del Agua (ANA). Dirección de Gestión de la Calidad de los Recursos Hídricos. Inventario Nacional de Glaciares y Lagunas. Perú. 2014.

- [24]. Instituto Geológico, Minero, Metalúrgico – INGEMMET. Programa Nacional de Hidrogeología. Hidrogeología de la cuenca del río Lurín. X Encuentro Científico Internacional de verano. 2011
- [25]. Municipalidad Metropolitana de Lima. Subgerencia de Defensa Civil. Monitoreo de los sectores críticos de la cuenca del río Lurín y la reducción de riesgos en el ámbito del gobierno metropolitano. Informe N° 058-2013/MML/SGDC/RHQM. Junio. Perú. 2013
- [26]. García Q. Tamara V., Propuesta de índices de calidad de agua para ecosistemas hídricos de Chile [Tesis de Pregrado]. Santiago de Chile: Universidad de Chile. 2012.
- [27]. Torres P., Cruz C., Patiño P. Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua de consumo humano: una revisión crítica. Revista Ingenierías Universidad de Medellín. 2009; 8 (15): 79-94. Colombia. 2009.
- [28]. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. Dirección de Cuencas Hidrográficas. Aplicación de índices de calidad de agua superficial y subterránea para la evaluación sistemática de los recursos hídricos e hidráulicos. La Habana. Cuba. 2009.
- [29]. García J., Beato J., Gutiérrez J. Un índice para evaluar la calidad de las aguas superficiales. Revista Voluntad Hidráulica. Cuba. 1981.
- [30]. Herbas A. R., Rivero O. F., Gonzales R. A. Indicadores Biológicos de Calidad Ambiental [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional de San Simón. Bolivia. 2006.



- [31]. Bonada N., Prat N., Resh V.H., Statzner B., Developments in Acuatric Insect Biomonitoring: A Comparative Analysis of Recent Approaches. Annu. Rev. Entomol. 2006; 51: 495 – 523.
- [32]. Medina-Tafur C., Hora-Revilla M., Ascencio-Guzmán I., Pereda-Ruiz W., Gabriel-Aguilar R. El Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), modificado y adaptado a tres microcuencas del Alto Chicama. La Libertad. Perú. 2008.
- [33]. Roldan, P. G. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Propuesta para el uso del método BMWP Col. Medellín, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia. 2003.
- [34]. Rios – Touma B., Acosta R., Prat N., The Andean Biotic Index (ABI): revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation. Rev. Biol. Trop. 2014; 62 (2): 249 – 273.
- [35]. Arango M. C., Álvarez L. F., Arango G. A., Torres O. E., Monsalve A. de J. Calidad del agua de las quebradas La Cristalina y La Risaralda, San Luis, Antioquía. Revista EIA, Julio. Colombia. 2008; 9: 121 – 141.
- [36]. INDECOPI. NTP 214.042:2012. Calidad de agua. Clasificación de la matriz agua para ensayo de laboratorio. Perú. 2012.
- [37]. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS). Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residual no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario. DS 001 – 2015 VIVIENDA. Perú. 2015.
- [38]. Nordberg G., Fowler B., Nordberg M., Handbook on the Toxicology of metals. 4<sup>th</sup> Edit. Cap. 26. Aluminium. Suecia. 2013: 549 – 552.

- [39]. Nordberg G. Fowler B., Nordberg M. Handbook on the Toxicology of the metals. 4<sup>th</sup> Edit. Cap 28. Arsenic. Suecia. 2013: 581 – 589.
- [40]. Lilia A. Curso básico de toxicología ambiental. 2da Edit. Cap. 9. Cadmio. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. México. 2011: 145 – 149.
- [41]. PAHO. *Escherichia coli* y bacterias coliformes Termotolerantes. [Consultado el 5 de junio de 2018] disponible en: [http://www.bvsde.paho.org/CD-GDWQ/docs\\_microbiologicos/Indicadores%20PDF/Ecoli\\_bacterias\\_termo.pdf](http://www.bvsde.paho.org/CD-GDWQ/docs_microbiologicos/Indicadores%20PDF/Ecoli_bacterias_termo.pdf).
- [42]. Autoridad Nacional del Agua (ANA). Dirección de Gestión de la Calidad de los Recursos Hídricos. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Resolución Jefatural N° 010 – 2016 – ANA. Perú. 2016: 83.
- [43]. Autoridad Nacional del Agua (ANA). Dirección de Gestión de la Calidad de los Recursos Hídricos. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Resolución Jefatural N° 010 – 2016 – ANA. Perú. 2016: 84.
- [44]. Nordberg G., Fowler B., Nordberg M. Handbook on the Toxicology of the metals. 4<sup>th</sup> Edit. Cap 41. Iron. Suecia. 2013: 879 – 880.
- [45]. Autoridad Nacional del Agua (ANA). Dirección de Gestión de la Calidad de los Recursos Hídricos. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Resolución Jefatural N° 010 – 2016 – ANA. Perú. 2016: 85.


- [46]. Autoridad Nacional del Agua (ANA). Dirección de Gestión de la Calidad de los Recursos Hídricos. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Resolución Jefatural N° 010 – 2016 – ANA. Perú. 2016: 29.
- [47]. Autoridad Nacional del Agua (ANA). Dirección de Gestión de la Calidad de los Recursos Hídricos. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Resolución Jefatural N° 010 – 2016 – ANA. Perú. 2016: 86.
- [48]. Standard Method. Part 2550 B. 22nd Edition. Temperature. Laboratory and Field Methods. 2012.
- [49]. Standard Method. Part 4500-H<sup>+</sup> B. 22nd Edition. pH Value. Electrometric Method. 2012.
- [50]. Standard Method. Part 2510 B, 22nd Edition. Conductivity. Laboratory method. 2012
- [51]. INDECOPI. NTP 214.046:2013. CALIDAD DE AGUA. Determinación de oxígeno disuelto en agua. Método de sonda instrumental. Sensor basado en luminiscencia. 1era. Edición (2013 – 05 – 29). Perú. 2013.
- [52]. UNE – EN ISO 748:2009. Hidrometría. Medida de caudal de líquidos en canales abiertos utilizando medidores de caudal o flotadores. 2009.
- [53]. Standard Method. Part 5210 B, 22 nd Edition. Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-day BOD Test. 2012.
- [54]. Standard Method. Part 5220 D, 22 nd Edition. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux. Colorimetric method. 2012.

- [55]. EPA, Method 2007, Rev 4.4 1994, Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma - atomic emission spectrometry. 2007.
- [56]. Standar Method 10500 C. Benthic Macroinvertebrates. Samples Processing and Analysis. 2012.
- [57]. Standard Method 9221 E – 1 Multiple – Tube Fermentation. Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. 2012.
- [58]. Ministerio del Ambiente (MINAM). Estándares Nacional de Calidad Ambiental para agua (ECA agua). D.S. 004 – 2017 – MINAM. Perú. 2017.
- [59]. Autoridad Nacional del Agua (ANA). Dirección de Gestión de la Calidad de los Recursos Hídricos. Monitoreo de la calidad de agua superficial de la cuenca del río Lurín. Diciembre. Perú. 2013.
- [60]. Autoridad Nacional del Agua (ANA). Dirección de Gestión de la Calidad de los Recursos Hídricos. Segundo monitoreo de calidad de agua superficial en la cuenca del río Lurín – Lima. Marzo. Perú. 2014.
- [61]. Sucoshañay D., Gutiérrez J., García A., Ledesma R., Mira J. Evaluación de la calidad de las aguas superficiales de la cuenca del río Puyo de la amazonia ecuatoriana a partir de un índice integrador (ICA\_sp). Rev. Ciencias de las Tierra y el Espacio. 2015; 16 (2): 225-236.
- [62]. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Monitoreo de calidad de aguas de los ríos Rímac, Chillón y Lurín. Perú. 2007.
- [63]. González S., Ramírez Y., Meza A. y Días L. Diversidad de Macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del Municipio de Manizales. Colombia. 2012.

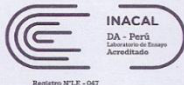
- [64]. Gómez Gil, Julie Andrea. Determinación de la calidad de agua mediante variables físico-químicas, y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la cuenca del río Garagoa. Colombia. 2014.
- [65]. Naranjo C., Portuondo E., Reyes J., López P., Garcés G. Determinación de la calidad de las aguas en cinco localidades del río San Juan, Santiago de Cuba, Cuba. Rev. Ciencia en su PC. Julio-Diciembre. Cuba. 2014; (3): 1-12.

## 9. ANEXOS

### 9.1 Certificados de Calibración de Equipos.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-047**



**SUPLEMENTO AL INFORME DE ENSAYO N° 116483-2017  
CON VALOR OFICIAL**

<b>RAZÓN SOCIAL</b>	: S.B.S PERFORMANCE HILL CONSULTING ASSOCIATED E.I.R.L.
<b>DOMICILIO LEGAL</b>	: AV. BRASIL NRO. 3069 DPTO. 303 LIMA - LIMA - MAGDALENA DEL MAR
<b>SOLICITADO POR</b>	: DANIEL JESUS ARANA SANTOS
<b>REFERENCIA</b>	: PROYECTO: RÍO LURÍN
<b>PROCEDENCIA</b>	: CUENCA ALTA DEL RÍO LURÍN - LIMA
<b>FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS</b>	: 2017-11-03/14
<b>FECHA DE INICIO DE ENSAYOS</b>	: 2017-11-03/14
<b>MUESTREO POR</b>	: SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C. <sup>(1)</sup>

**I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:**

Ensayo	Método	L.C.	Unidades
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	SM 5210 B. Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD Test.	2.00 <sup>(b)</sup>	mg/L
Demanda Química de oxígeno (DQO)	SM 5220 D. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method.	10.0	O <sub>2</sub> mg/L
Conductividad (medición en campo)	SM 2510 B. Conductivity. Laboratory Method.	---	µS/cm
Oxígeno Disuelto OD (medición en campo)	NTP 214.046:2013. CALIDAD DE AGUA. Determinación de oxígeno disuelto en agua. Método de sonda instrumental. Sensor basado en luminiscencia. 1era. Edición (2013-05-29).	0.5 <sup>(b)</sup>	O <sub>2</sub> mg/L
pH (medición en campo)	SM 4500 H <sup>+</sup> B. pH Value. Electrometric Method	---	Unid. pH
Temperatura (medición en campo)	SM 2550 B. Temperature. Laboratory and Field Methods.	---	°C
*Caudal	UNE-EN ISO 748:2009. Hidrometría. Medida de caudal de líquidos en canales abiertos utilizando medidores de caudal o flotadores.	---	L/s
Numeración de Coliformes Fecales	SM 9221 E-1 Multiple-Tube Fermentation. Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.	1.6 <sup>(a)</sup>	NMP/100mL
Metales totales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Boro, Berilio, Cadmio, Calcio, Cerio, Cromo, Cobalto, Cobre, Hierro, Plomo, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Fósforo, Potasio, Selenio, Silicio(SiO <sub>2</sub> ), Plata, Sodio, Estroncio, Talio, Estaño, Titanio, Vanadio, Zinc).	EPA Method 200.7, Rev.4.4. EMMC Version. Determination of Metals and trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry. 1994	---	mg/L

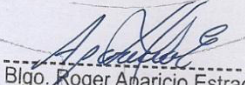
Ensayo	Método	L.C.	Unidades
Macrobentos o Macroinvertebrados Bentónicos	SM 10500 C. Benthic Macroinvertebrates. Samples Processing and Analysis.	1	Org./muestra

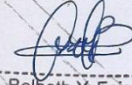
L.C.: Límite de cuantificación.

(1) Toma de muestra de acuerdo a plan de muestreo N° 116483 y procedimiento PL-009.

(a) Límite de detección del método para estas metodologías por ser semicuantitativas.

(b) Expresado como límite de detección del método.

  
**Blgo. Roger Aparicio Estrada**  
 C.B.P. N° 7403  
 Asesor Técnico Biológico

  
**Quim. Belbeth Y. Fajardo León**  
 C.Q.P. N° 648  
 Asesor Técnico Químico

Cod.: FI.02/Version: 08/FE.03/2018

\* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.  
 EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.  
**OBSERVACIONES:** • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo [laboratorio@sagperu.com](mailto:laboratorio@sagperu.com). • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

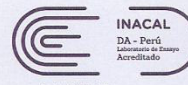
**EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU**  
 Página 1 de 7

**SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.**  
 Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima  
 • Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: [www.sagperu.com](http://www.sagperu.com) • Contacto Electrónico [sagperu@sagperu.com](mailto:sagperu@sagperu.com)



**SAG**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-047



Registro N° LE-047

## SUPLEMENTO AL INFORME DE ENSAYO N° 116483-2017 CON VALOR OFICIAL

### II. RESULTADOS:

Producto declarado	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial
Matriz analizada	Agua natural	Agua natural	Agua natural	Agua natural
Fecha de muestreo	2017-11-03	2017-11-03	2017-11-03	2017-11-14
Hora de inicio de muestreo (h)	09:10	10:20	11:40	12:00
Coordenadas UTM WGS 84	0314303E 8669379N	0306682E 8662381N	0300645E 8656853N	0342088E 8662139N
Altitud (msnm)	703	370	224	1880
Descripción del punto de muestreo	Altura del puente Chontay	Altura del puente Sauce alto	A 200 m aguas arriba del puente Pachacamac	A 50 m aguas arriba del puente de la localidad de Puente
Condiciones de la muestra	Refrigerada / preservada	Refrigerada / preservada	Refrigerada / preservada	Refrigerada / preservada
Código del Cliente	TP1	TP2	TP3	TP6
Código del Laboratorio	1711146	1711147	1711148	1711173
Ensayos	Unidades	Resultados		
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	<2.00	<2.00	<2.00
Demanda Química de oxígeno (DQO)	O <sub>2</sub> mg/L	<10.0	<10.0	<10.0
Conductividad (medición en campo)	µS/cm	635	584	703
Oxígeno Disuelto OD (medición en campo)	O <sub>2</sub> mg/L	8.3	10.3	16.0
pH (medición en campo)	Unid. pH	8.44	8.78	9.81
Temperatura (medición en campo)	° C	20.3	23.8	23.6
*Caudal	L/s	191.0	142.5	6.0
Numeración de Coliformes Fecales <sup>(2)</sup>	NMP/100mL	130 x 10 <sup>1</sup>	130	<1.8

Medición de conductividad y pH realizada a 25°C.

\* El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL-DA.

(2) Coliformes Fecales es lo mismo que coliformes termotolerantes.

Quim. Belbeth Y. Fajardo León  
C.Q.P. N° 648  
Asesor Técnico Químico

Blgo. Roger Aparicio Estrada  
C.B.P. N° 7403  
Asesor Técnico Biológico

EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU

Cod.: FI 02/Versión: 08/FE 03/2018

\* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency, ASTM: American Society for Testing and Materials, NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima  
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 2 de 7



**SAG**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-047



Registro N° LE - 047

## SUPLEMENTO AL INFORME DE ENSAYO N° 116483-2017 CON VALOR OFICIAL

### II. RESULTADOS:

Producto declarado		Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial
Matriz analizada		Agua natural	Agua natural	Agua natural	Agua natural
Fecha de muestreo		2017-11-14	2017-11-14	2017-11-03	2017-11-14
Hora de inicio de muestreo (h)		14:00	16:00	09:10	12:00
Coordenadas UTM WGS 84		0336761E 8663053N	0330357E 8667411N	0314303E 8669379N	0263162E 8946322N
Altitud (msnm)		1517	1213	703	1749
Descripción del punto de muestreo		A 10 m aguas abajo del puente Bentin	Altura del km 57 de la carretera Lima - Cieneguilla - Antioquia	Altura del puente Chontay	A 50 m aguas arriba del puente de la localidad de Puente
Condiciones de la muestra		Refrigerada / preservada	Refrigerada / preservada	Refrigerada / preservada	Refrigerada / preservada
Código del Cliente		TP5	TP4	DUPLICADO (TP1)	Blanco viajero (BKv)
Código del Laboratorio		17111174	17111175	1711149	1711151
Ensayos	Unidades	Resultados			
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	<2.00	<2.00	////	<2.00
Demanda Química de oxígeno (DQO)	O <sub>2</sub> mg/L	<10.0	<10.0	////	////
Conductividad (medición en campo)	µS/cm	613	636	////	////
Oxígeno Disuelto OD (medición en campo)	O <sub>2</sub> mg/L	7.5	9.3	////	////
pH (medición en campo)	Unid. pH	7.74	8.74	////	////
Temperatura (medición en campo)	°C	23.9	23.2	////	////
*Caudal	L/s	188.0	482.0	////	////
Numeración de Coliformes Fecales <sup>(2)</sup>	NMP/100mL	130	49	220 x 10 <sup>5</sup>	////
Recuento de Bacterias Heterotróficas por incorporación <sup>(3)</sup>	ufc/mL	////	////	////	<1

Medición de conductividad y pH realizada a 25°C.

\* El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL-DA.

(2) Coliformes Fecales es lo mismo que coliformes termotolerantes.

(3) Medio de cultivo utilizado R2A, incubación 35°C ± 0.5°C x 48h.

////: Ensayo no realizado.

Quim. Belbeth Y. Fajardo León  
C.Q.P. N° 648  
Asesor Técnico Químico

Blgo. Roger Aparicio Estrada  
C.B.P. N° 7403  
Asesor Técnico Biológico

EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU

Cod.: FI 02/Version: 08/F-E-03/2018

\* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas.

• Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

Página 3 de 7

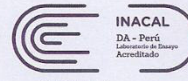
SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Malto de Turner N° 2079 - Lima  
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com



**SAG**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-047



Registro N° LE - 047

## SUPLEMENTO AL INFORME DE ENSAYO N° 116483-2017 CON VALOR OFICIAL

### II. RESULTADOS:

Producto declarado			Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial
Matriz analizada			Agua natural	Agua natural	Agua natural	Agua natural
Fecha de muestreo			2017-11-03	2017-11-03	2017-11-03	2017-11-14
Hora de inicio de muestreo (h)			09:10	10:20	11:40	12:00
Coordenadas UTM WGS 84			0314303E	0306682E	0300645E	0342088E
Altitud (msnm)			8669379N	8662381N	8656853N	8662139N
			703	370	224	1880
Descripción del punto de muestreo			Altura del puente Chontay	Altura del puente Sauce alto	A 200 m aguas arriba del puente Pachacamac	A 50 m aguas arriba del puente de la localidad de Puente
Condiciones de la muestra			Refrigerada / preservada	Refrigerada / preservada	Refrigerada / preservada	Refrigerada / preservada
Código del Cliente			TP1	TP2	TP3	TP6
Código del Laboratorio			1711146	1711147	1711148	1711173
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados			
Metales totales						
Plata (Ag)	0.0007	mg/L	<0.0007	<0.0007	<0.0007	<0.0007
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	0.22	0.11	0.02	<0.01
Arsénico (As)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	0.009
Boro (B)	0.002	mg/L	0.370	0.349	0.330	0.331
Bario (Ba)	0.002	mg/L	0.045	0.048	0.045	0.018
Berilio (Be)	0.0003	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Calcio (Ca)	0.05	mg/L	75.88	61.52	81.04	36.56
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	<0.002	0.003	0.003	<0.002
Cobalto (Co)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cobre (Cu)	0.0007	mg/L	<0.0007	<0.0007	<0.0007	<0.0007
Hierro (Fe)	0.002	mg/L	0.232	0.092	0.011	0.008
Mercurio (Hg)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Potasio (K)	0.04	mg/L	2.63	3.29	4.03	1.22
Litio (Li)	0.003	mg/L	0.046	0.038	0.030	0.045
Magnesio (Mg)	0.04	mg/L	10.26	9.84	11.11	4.97
Manganeso (Mn)	0.0005	mg/L	0.0315	0.0112	0.0012	<0.0005
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sodio (Na)	0.02	mg/L	33.38	34.06	43.88	21.28
Níquel (Ni)	0.0006	mg/L	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
Fósforo (P)	0.003	mg/L	0.008	<0.003	0.219	0.009
Plomo (Pb)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.001
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Silíce (SiO <sub>2</sub> )	0.03	mg/L	17.65	15.35	14.56	12.73
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.382	0.352	0.399	0.188
Titanio (Ti)	0.0003	mg/L	0.0030	<0.0003	<0.0003	0.0011
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Vanadio (V)	0.0004	mg/L	0.0010	0.0015	0.0020	0.0009
Zinc (Zn)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002

L.D.M.: límite de detección del método.

Quim. Belbeth Y. Fajardo León  
C.Q.P. N° 648  
Asesor Técnico Químico

EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU

Cod.: FI 02/Versión: 08/FE.03/2018

\* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Esta prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perechibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima

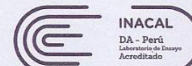
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 4 de 7



**SAG**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-047



Registro N° LE - 047

## SUPLEMENTO AL INFORME DE ENSAYO N° 116483-2017 CON VALOR OFICIAL

### II. RESULTADOS:

Producto declarado			Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Blanco
Matriz analizada			Agua natural	Agua natural	Agua natural	---
Fecha de muestreo			2017-11-14	2017-11-14	2017-11-03	---
Hora de inicio de muestreo (h)			14:00	16:00	09:10	---
Coordenadas UTM WGS 84			0336761E	0330357E	0314303E	---
Altitud (msnm)			8663053N	8667411N	8669379N	---
			1517	1213	703	---
Descripción del punto de muestreo			A 10 m aguas abajo del puente Bontin	Altura del km 57 de la carretera Lima - Cieneguilla - Antioquia	Altura del puente Chontay	---
Condiciones de la muestra			Refrigerada / preservada	Refrigerada / preservada	Refrigerada / preservada	Refrigerada / preservada
Código del Cliente			TP5	TP4	DUPLICADO (TP1)	Blanco de campo (BKC)
Código del Laboratorio			17111174	17111175	1711149	1711150
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados			
Metales totales						
Plata (Ag)	0.0007	mg/L	<0.0007	<0.0007	<0.0007	<0.0007
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	0.01	0.02	0.23	<0.01
Arsénico (As)	0.001	mg/L	0.007	0.005	<0.001	<0.001
Boro (B)	0.002	mg/L	0.401	0.394	0.376	<0.002
Bario (Ba)	0.002	mg/L	0.025	0.029	0.047	<0.002
Berilio (Be)	0.0003	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Calcio (Ca)	0.05	mg/L	63.52	70.72	75.50	<0.05
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	<0.002	0.002	<0.002	<0.002
Cobalto (Co)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cobre (Cu)	0.0007	mg/L	<0.0007	<0.0007	<0.0007	<0.0007
Hierro (Fe)	0.002	mg/L	0.007	0.021	0.212	<0.002
Mercurio (Hg)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Potasio (K)	0.04	mg/L	1.55	1.91	2.69	<0.04
Litio (Li)	0.003	mg/L	0.069	0.062	0.046	<0.003
Magnesio (Mg)	0.04	mg/L	9.34	9.59	9.74	<0.04
Manganeso (Mn)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005	0.032	<0.0005
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sodio (Na)	0.02	mg/L	33.86	34.66	33.04	<0.02
Níquel (Ni)	0.0006	mg/L	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
Fósforo (P)	0.003	mg/L	0.010	0.009	0.008	<0.003
Plomo (Pb)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Silíce (SiO <sub>2</sub> )	0.03	mg/L	16.10	15.81	17.20	<0.03
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.341	0.373	0.374	<0.001
Titanio (Ti)	0.0003	mg/L	0.0012	0.0016	0.0031	<0.0003
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Vanadio (V)	0.0004	mg/L	0.0017	0.0016	0.0010	<0.0004
Zinc (Zn)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002

L.D.M.: límite de detección del método.

Quim. Belbeth Y. Fajardo León  
C.Q.P. N° 648  
Asesor Técnico Químico

EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU

Cod.: FI 02/Version: 08/F.E.03/2018

\* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Esta prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente Informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perechibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

Página 5 de 7

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima  
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com



**SAG**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-047



INACAL  
DA - Perú  
Laboratorio de Ensayo  
Acreditado

Registro N° LE - 047

## SUPLEMENTO AL INFORME DE ENSAYO N° 116483 - 2017 CON VALOR OFICIAL

### II. RESULTADOS:

Producto declarado	Sedimento	Sedimento	Sedimento
Matriz analizada	Sedimento epicontinental	Sedimento epicontinental	Sedimento epicontinental
Fecha de muestreo	2017-11-03	2017-11-03	2017-11-03
Hora de inicio del muestreo (h)	09:10	10:20	11:40
Coordenadas UTM WGS 84	0314303E 8669379N	0306682E 8662381N	0300645E 8656853N
Altitud (msnm)	703	370	224
Descripción del punto de muestreo	Altura del puente Chontay	Altura del puente Sauce alto	A 200 m aguas arriba del puente Pachacamac
Condiciones de la muestra	Preservada	Preservada	Preservada
Código del Cliente	TP1	TP2	TP3
Código del Laboratorio	1711152	1711153	1711154
Taxa <sup>(1)</sup>	Estado	Ensayo Cuantitativo de Macroinvertebrados (Org./muestra)	
<b>PHYLUM ARTHROPODA: DIPTERA</b>			
<i>Atrichopogon</i> sp.	Larva	<1	13
<i>Larsia</i> sp.	Larva	<1	5
<i>Simulium</i> sp.	Larva	<1	3
CHIRONOMINAE	Larva	<1	30
ORTHOCLOADIINAE	Larva	9	36
CERATOPOGONIDAE	Larva	<1	5
SIMULIIDAE	Larva	<1	1
CERATOPOGONIDAE	Pupa	<1	2
CHIRONOMIDAE	Pupa	1	3
<b>PHYLUM ARTHROPODA: COLEOPTERA</b>			
<i>Heterelmis</i> sp.	Larva	<1	1
<i>Microcylloepus</i> sp.	Larva	2	25
<i>Microcylloepus</i> sp.	Adulto	<1	6
<b>PHYLUM ARTHROPODA: EPHEMEROPTERA</b>			
<i>Camelobaetidius</i> sp.	Ninfa	<1	1
<i>Nanomis</i> sp.	Ninfa	<1	23
BAETIDAE	Ninfa	<1	3
LEPTOHYPHIDAE	Ninfa	28	214
<b>PHYLUM ARTHROPODA: TRICHOPTERA</b>			
<i>Hydroptila</i> sp.	Larva	<1	66
<i>Smicridea</i> sp.	Larva	1	2
HYDROPTILIDAE	Pupa	5	14
<b>PHYLUM MOLLUSCA: GASTROPODA</b>			
<i>Physa</i> sp.	Juvenil	<1	9
<i>Physa</i> sp.	Adulto	<1	3
<b>PHYLUM ANNELIDA</b>			
NAIDIDAE	Juvenil	4	1

(1) La identificación se realizará hasta el menor nivel taxonómico posible, dependiendo del estado de la muestra.

**Nota 1:** <1 es equivalente a cero, lo que indica la no detección de Org./muestra.

Blgo. Roger Aparicio Estrada  
C.B.P. N° 7403  
Asesor Técnico Biológico

EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU

Cod.: FI 02/versión: 08/FE 03/2018

\* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas.

• Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables

pueden ser procesados de acuerdo a ley.

Página 6 de 7

### SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima  
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com



**SAG**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-047



Registro N° LE - 047

## SUPLEMENTO AL INFORME DE ENSAYO N° 116483 - 2017 CON VALOR OFICIAL

### II. RESULTADOS:

Producto declarado	Sedimento	Sedimento	Sedimento	
Matriz analizada	Sedimento epicontinental	Sedimento epicontinental	Sedimento epicontinental	
Fecha de muestreo	2017-11-14	2017-11-14	2017-11-14	
Hora de inicio del muestreo (h)	12:00	14:00	16:00	
Coordenadas UTM WGS 84	0342088E 8662139N	0336761E 8663053N	0330357E 8667411N	
Altitud (msnm)	1880	1517	1213	
Descripción del punto de muestreo	A 50 m aguas arriba del puente de la localidad de Puente	A 10 m aguas abajo del puente Berio	Altura del km 57 de la carretera Lima - Cieneguilla - Antioquia	
Condiciones de la muestra	Preservada	Preservada	Preservada	
Código del Cliente	TP6	TP5	TP4	
Código del Laboratorio	17111176	17111177	17111178	
Taxa <sup>(1)</sup>	Estado	Ensayo Cuantitativo de Macroinvertebrados (Org./muestra)		
PHYLUM ARTHROPODA: DIPTERA				
Larsia sp.	Larva	10	6	28
Onconereura sp.	Larva	<1	3	<1
Simulium sp.	Larva	38	8	<1
CHIRONOMINAE	Larva	1	<1	44
ORTHOCLADIINAE	Larva	10	80	7
EMPIDIDAE	Larva	4	7	1
CHIRONOMIDAE	Pupa	4	10	7
EMPIDIDAE	Pupa	<1	3	<1
SIMULIDAE	Pupa	3	2	<1
PHYLUM ARTHROPODA: COLEOPTERA				
Microcylloepus sp.	Larva	6	149	241
HYDROPHILIDAE	Larva	<1	<1	1
Microcylloepus sp.	Adulto	3	4	3
STAPHYLINIDAE	Adulto	1	<1	<1
PHYLUM ARTHROPODA: EPHEMEROPTERA				
Baetodes sp.	Ninfa	31	6	<1
Nanomis sp.	Ninfa	8	12	<1
Thraulodes sp.	Ninfa	2	<1	<1
BAETIDAE	Ninfa	3	8	67
LEPTOHYPHIDAE	Ninfa	9	355	824
PHYLUM ARTHROPODA: TRICHOPTERA				
Atopsyche sp.	Larva	1	3	<1
Hydroptila sp.	Larva	30	6	7
HYDROPTILIDAE	Larva	<1	6	<1
HYDROPTILIDAE	Pupa	3	<1	6
PHYLUM ARTHROPODA: ARACHNIDA				
ACARI	Adulto	1	6	4
PHYLUM MOLLUSCA: GASTROPODA				
Physa sp.	Juvenil	1	29	<1
Physa sp.	Adulto	1	4	<1
PHYLUM ANNELIDA				
OLIGOCHAETA	Juvenil	1	<1	<1

(1) La identificación se realizará hasta el menor nivel taxonómico posible, dependiendo del estado de la muestra.

Nota 1: <1 es equivalente a cero, lo que indica la no detección de Org./muestra.

NOTA: El presente informe sustituye y anula al informe N° 116483-2017 original emitido con fecha 2017-12-15. A solicitud del usuario se realizó cambios de datos de muestras.

Bigo. Roger Aparicio Estrada  
C.B.P. N° 7403

Lima, 30 de Mayo del 2018

EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU

Cod.: FI 02/Versión: 09/FE03/2018

\* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana. SAG: Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima  
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 7 de 7



9.2 Imágenes al microscopio electrónico de ejemplares de las diferentes familias de macroinvertebrados reportados en el presente estudio.



Acari (Adulto)



*Atrichopogon* sp. (Larva)



*Oligochaeta* (Juvenil)



*Tricothyodes* sp. (Ninfa).



*Microcylloepus* sp. (Adulto).



*Baetidae* (Ninfa).





*Atopsyche* sp. (Larva).



*Baetodes* sp.

(Ninfa).



*Ceratopogonidae* (Larva).



*Chironomidae* (Larva).



*Chironomidae* (Pupa).



*Empididae* (Larva).





*Heterelmis* sp. (Larva).



*Hydroptila* sp. (Larva).



*Hydroptilidae* (Pupa).



*Microcylloepus* sp. (Larva).



*Orthoclaniiiae* (Larva).



*Larsia* sp. (Larva).





*Simulium* sp. (Larva).



*Smicridea* sp. (Larva)



*Simuliidae* (Pupa).



*Physa sp.* (Juvenil).



*Thraulodes sp.* (Ninfa).